



**TUGAS AKHIR - TM 091585**

**INVESTIGASI PENYEBAB KERUSAKAN RANTAI BUCKET  
ELEVATOR M2205 DI PABRIK PHOSPHORIC ACID (PA) PT.  
PETROKIMIA GRESIK**

**MOCHAMAD RULI SUGIARTO**  
NRP 2108 100 166

Dosen Pembimbing  
Ir. Sudijono Kromodiharjo, M.Sc., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



**FINAL PROJECT - TM 091585**

**FAILURE INVESTIGATION OF CHAIN BUCKET ELEVATOR  
M2205 IN PHOSPHORIC ACID (PA) PT. PETROKIMIA  
GRESIK**

**MOCHAMAD RULI SUGIARTO**  
**NRP 2108 100 166**

Advisor  
Ir. Sudijono Kromodiharjo, M.Sc., Ph.D.

**MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT**  
**Faculty of Industrial Technology**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2016**

**INVESTIGASI PENYEBAB KERUSAKAN RANTAI  
BUCKET ELEVATOR M2205 DI PABRIK  
PHOSPHORIC ACID (PA) PT. PETROKIMIA  
GRESIK**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Program Studi S – 1 Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh:**

**MOCHAMAD RULI SUGIARTO**

**Nrp. 2108 100 166**

**Disetujui Oleh Pembimbing Dan Penguji Tugas Akhir :**

1. Ir. Sudijono K., MSc., PhD..... (Pembimbing I)  
(195208011978031005)
2. Ir. Witantyo, M.Eng.Sc..... (Pembimbing II)  
(196303141988031002)
3. Ir. Bambang P., MSc.Eng., PhD..... (Penguji I)  
(196912031994031001)
4. Ari Kurniawan S., ST., MT. .... (penguji II)  
(210150201)

**SURABAYA  
Januari 2016**

# INVESTIGASI PENYEBAB KERUSAKAN RANTAI BUCKET ELEVATOR M2205 DI PABRIK PHOSPHORIC ACID (PA) PT. PETROKIMIA GRESIK

**Nama** : Mochamad Ruli Sugiarto  
**NRP** : 2108100166  
**Jurusan** : Teknik Mesin  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Sudiyono K, M.Sc., Ph.D.  
Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.

## Abstrak

*Produksi pabrik phosphoric acid (PA) PT. Petrokimia Gresik sering terganggu disebabkan oleh kegagalan berulang pada rantai bucket elevator. Kegagalan yang terjadi adalah putusnya link dan pen rantai bucket elevator. Penelitian ini menganalisa dan menyimulasikan penyebab kegagalan dari rantai bucket elevator.*

*Simulasi dilakukan untuk mendapatkan penyebab utama kegagalan rantai bucket elevator dengan menggunakan metode elemen hingga. Data pendukung yang diperoleh berupa gambar kerusakan, riwayat downtime, kondisi aktual operasional dan datasheet dari rantai bucket elevator. Material yang digunakan untuk rantai adalah SCM 4/AISI 4137.*

*Berdasarkan perhitungan analitis, gaya yang diterima rantai sebesar 17 KN, jauh di bawah batas yang diijinkan yaitu sebesar 343,35 KN. Tegangan maksimal yang diterima rantai melalui simulasi software sebesar 147,52 Mpa, dibawah tegangan maksimal yang diijinkan yaitu sebesar 415 Mpa. Berdasarkan simulasi terhadap pembebanan fatigue, rantai dapat bertahan selama 142 hari, mendekati kondisi aktual rantai sebesar 118 hari. Faktor lain penyebab kegagalan adalah misalignment antara lubang baut pada bucket dengan lubang baut pada rantai yang mengakibatkan tegangan awal sebelum pembebanan. Desain baru*

*untuk link dalam yang telah disimulasikan menghasilkan pengurangan tegangan maksimal yang diterima rantai sebesar 16.84 Mpa atau 11.4 %. Umur link dalam meningkat sebesar 114 hari atau 80.2% dengan pembebanan yang sama.*

***Kata kunci: Bucket elevator, fatigue, kegagalan, link, rantai.***



# **FAILURE INVESTIGATION OF CHAIN BUCKET ELEVATOR M2205 IN PHOSPHORIC ACID PLANT (PA) PT. PETROKIMIA GRESIK**

**Student Name** : Mochamad Ruli Sugiarto  
**NRP** : 2108100166  
**Department** : Mechanical Eng. FTI – ITS  
**Student Advisor** : Ir. Sudiyono K, M.Sc., Ph.D.  
Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.

## **Abstract**

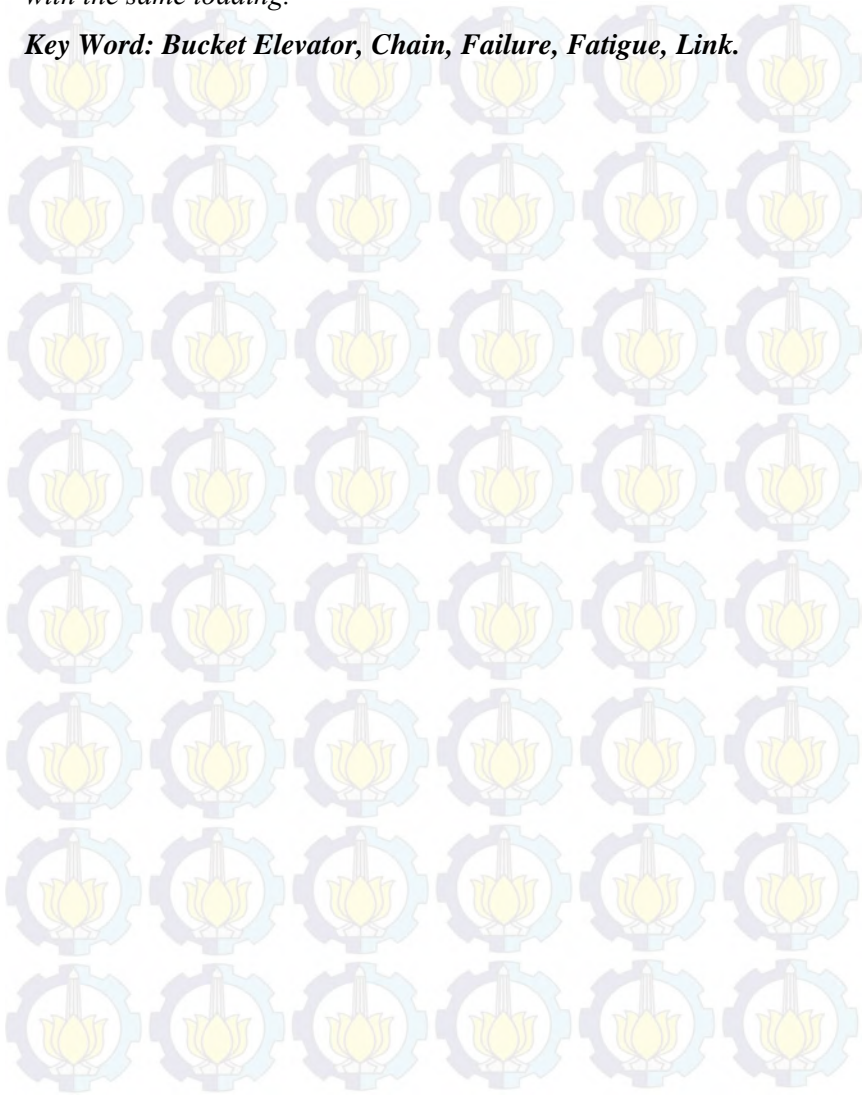
*Factory production of phosphoric acid (PA) PT. PKG frequently interrupted due to the repeated failure of the chain bucket elevators. Failure happened is breaking links and pen chain bucket elevators. This research analyzed and simulates cause of the failure of the chain bucket elevators.*

*Simulations performed to obtain the main cause of the failure of the chain bucket elevators by using the finite element method. Supporting Data were Obtained form of pictures of the damage, downtime history, the actual operational conditions and datasheet of the chain bucket elevators. The material used for the chain is SCM 4 / AISI 4137.*

*Based on analytical calculations, the force received a chain of 17 KN, far below the allowable limit in the amount of 343.35 KN. Maximum stress received the chain through the simulation of software was 147.52 MPa, below the maximum allowable stress is equal to 415 Mpa. Based on the simulation of the fatigue loading, the chain can last for 142 days, closer to the actual condition of the chain at 118 days. Another factor cause of failure was the misalignment between the screw holes in the bucket with the screw holes in the chain that leads to the initial stress before loading. The new design for the inner link that has been simulated resulted in a reduction in the maximum stress received by chain to 16.84 MPa*

or 11.4%. The life of the inner link increased by 114 days or 80.2% with the same loading.

**Key Word: Bucket Elevator, Chain, Failure, Fatigue, Link.**



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga Tugas Akhir yang saya kerjakan ini dapat saya selesaikan dengan baik.

Laporan Tugas Akhir ini saya susun sesuai dengan bidang studi saya yaitu Sistem Manufaktur dengan judul Investigasi Penyebab Kerusakan Rantai Bucket Elevator M2205 di Pabrik Phosphoric acid PT. Petrokimia Gresik. Tak lupa saya ucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Ibu Sri wahyuni dan Bapak Mochamad Soleh yang senantiasa memberi motivasi, doa dan memberi dukungan penuh selama umur hidup penulis.
2. Bapak Ir. Bambang Pramujati, M.Eng.Sc,PhD., selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin FTI ITS, Dosen wali, dosen penguji seminar dan sidang tugas akhir yang telah memberikan masukan dan motivasi kepada penulis.
3. Bapak Ir. Sudiyono Kromodiharjo, M.Sc., Ph.D. dan Ir Witantyo, M.Eng.Sc., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang membimbing dengan penuh kesabaran.
4. Bapak Arif Wahyudi, ST., MT., Kasie Proposal dan Tugas Akhir.
5. Bapak Ari Kurniawan, ST., MT., selaku dosen penguji Seminar dan Sidang Tugas Akhir.
6. Segenap Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS yang telah mendidik dan membantu penulis atas pengetahuan dan pembelajaran yang telah diberikan.
7. Bapak Dito Renady Harto selaku pihak PT. Petrokimia Gresik yang telah membantu dalam pengambilan data.
8. M. Listiano Raharjo dan Achmad Nuril Huda kawan sepermainan.
9. Teman seperjuangan tugas akhir M. Fajar Rohman, Kharas Adri Harahap dan Pandu Phintaru yang selalu bersama untuk saling memotivasi dan membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Tidak lupa kepada Eka,



Chalid, Risky ,Latif dan warga Lab Sistem Manufaktur yang membantu, memberikan informasi dan masukan dalam mengerjakan tugas akhir ini

10. Teman-Teman teknik mesin Angkatan 2008 dan teman – teman Sarekat Merah Rakyat Mesin (SMRM) yang telah menemani, membantu dan berbagi ilmu serta pengalaman.

11. Semua pihak yang telah membantu atas terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu mata kuliah wajib yang harus ditempuh oleh mahasiswa Teknik Mesin FTI-ITS agar memenuhi syarat kelulusan. Kami menyadari laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu saya harapkan kritik dan saran demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir saya. Semoga laporan Tugas Akhir yang saya buat dapat bermanfaat.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pengesahan .....	iii
Abstrak .....	v
<i>Abstract</i> .....	vii
Kata Pengantar .....	ix
Daftar Isi .....	xi
Daftar Tabel .....	xv
Daftar Gambar .....	xvii
Daftar Lampiran .....	xxi
 BAB I PENDAHULUAN .....	 1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Batasan Masalah .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI ....	 7
2.1 Tinjauan Pustaka .....	7
2.2 Perawatan ( <i>Maintenance</i> ) .....	11
2.3 <i>Bucket Elevator</i> .....	14
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	 19
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	19
3.2 Metodologi Penelitian .....	20
3.2.1 Studi Literatur, Studi Lapangan dan Identifikasi Permasalahan .....	20
3.2.2 Perumusan Masalah .....	20
3.2.3 Pengumpulan Data .....	21
3.2.4 Pengolahan Data .....	21
3.2.4.1 Analisa Secara Analitis .....	21
3.2.4.2 Memodelkan Rantai <i>Bucket Elevator</i> ..	21
3.2.4.3 Melakukan Simulasi FEA .....	22

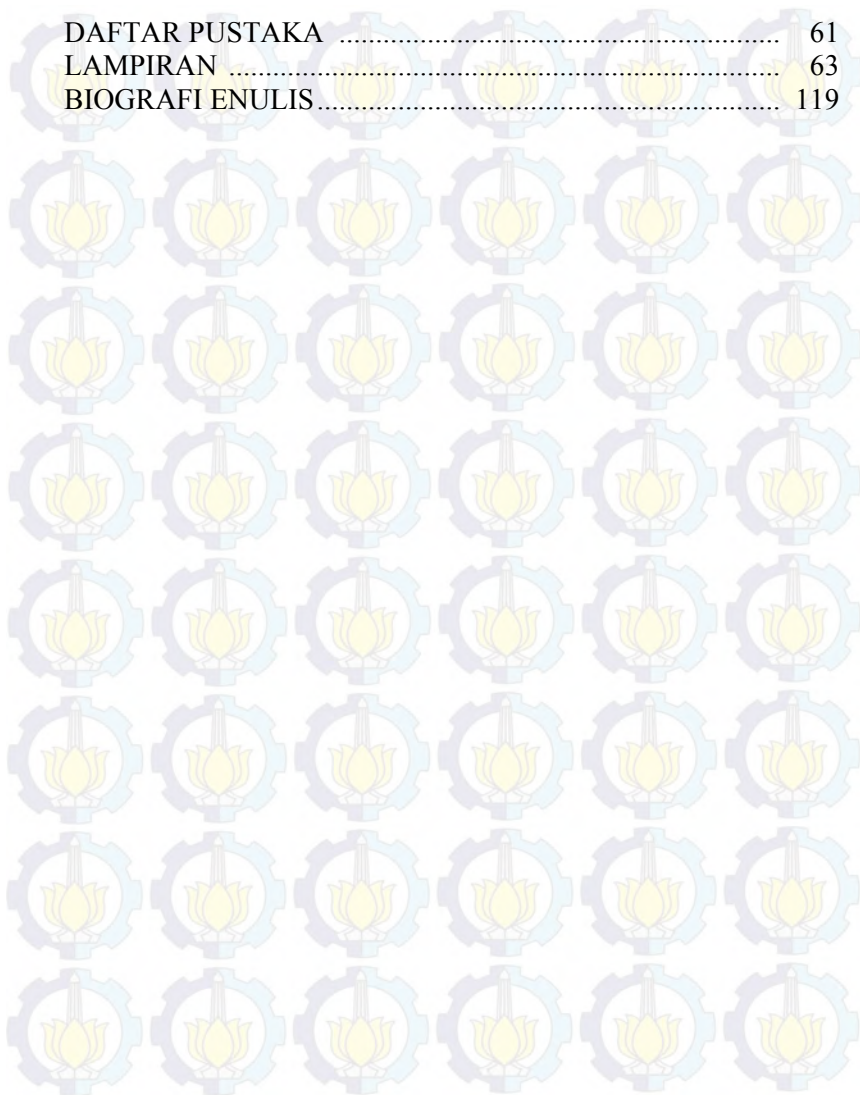
3.2.5	Analisa dan Implementasi .....	22
3.2.6	Kesimpulan dan Saran .....	22
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....		23
4.1	Riwayat Penggunaan dan Data Kerusakan Rantai .....	23
4.1.1	Riwayat Kerusakan <i>Bucket Elevator</i> .....	23
4.1.2	Foto-foto Kerusakan Rantai .....	24
4.1.3	Struktur Material Rantai .....	25
4.1.4	Kondisi Aktual Operasional .....	25
4.2.	Probabilitas Penyebab Kegagalan Rantai pada <i>Bucket Elevator</i> .....	26
4.2.1	<i>Overload</i> .....	27
4.2.1.1	Perhitungan Pendekatan Gaya yang Teraplikasi pada Rantai .....	27
4.2.2	<i>Fatigue</i> .....	31
4.2.2.1	Proses Pencarian Tegangan Maksimal dengan Simulasi .....	32
4.2.2.2	Kondisi Batas .....	33
4.2.2.3	Sifat Material .....	34
4.2.2.4	<i>Meshing</i> .....	35
4.2.2.5	Hasil Simulasi .....	36
4.2.2.6	Hubungan Regangan Tegangan .....	36
4.2.2.7	Penentuan Tegangan Lelah .....	45
4.2.2.8	Umur Tegangan Lelah .....	46
4.2.2.9	Tegangan Lelah Lokal .....	47
4.2.3	<i>Misalignment</i> .....	48
4.2.4	<i>Shockload</i> .....	51
4.4.2	Kesalahan Fabrikasi .....	51
4.3	Diskusi Hasil Analisa .....	51
4.4	Redesain <i>Link</i> Dalam .....	53
4.4.1	Simulasi <i>Link</i> Dalam yang Asli .....	53
4.4.2	<i>Link</i> Dalam yang Baru .....	55
BAB V PENUTUP .....		59
5.1	Kesimpulan .....	59

5.2	Saran .....	60
-----	-------------	----

DAFTAR PUSTAKA .....	61
----------------------	----

LAMPIRAN .....	63
----------------	----

BIOGRAFI ENULIS .....	119
-----------------------	-----







## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Double chain bucket elevator .....	2
Gambar 1.2	Bucket elevator mengalami putus total .....	3
Gambar 1.3	Link dan pen yang mengalami kegagalan .....	4
Gambar 2.1	Universal testing machine .....	8
Gambar 2.2	Grafik hasil pengujian strip .....	8
Gambar 2.3	Pemodelan dengan <i>software ansys</i> .....	9
Gambar 2.4	Pengujian FEA dengan ansys .....	9
Gambar 2.5	Hasil <i>pengujian SEM</i> .....	10
Gambar 2.6	Pemodelan rantai dengan ansys .....	11
Gambar 2.7	Sistem pemasukan <i>bucket elevator</i> .....	14
Gambar 2.8	Sistem pengeluaran <i>bucket elevator</i> .....	15
Gambar 2.9	Jenis <i>bucket</i> untuk <i>bucket elevator</i> .....	16
Gambar 2.10	Nilai faktor tegangan pada rantai saat melingkar pada sprocket .....	18
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian .....	19
Gambar 4.1	Gambar kartu sejarah <i>bucket elevator</i> .....	24
Gambar 4.2	Kegagalan yang terjadi pada rantai <i>bucket elevator</i> .....	24
Gambar 4.3	Patah <i>pen</i> pada saat inspeksi .....	25
Gambar 4.4	Gambar ukuran melintang <i>link</i> dalam .....	30
Gambar 4.5	Gambar ukuran melintang <i>link</i> luar .....	30
Gambar 4.6	Gambar teknik rantai <i>bucket elevator</i> .....	32
Gambar 4.7	Gambar 3D rantai yang sudah di <i>assembly</i> .....	33
Gambar 4.8	Penentuan pembebanan dan kondisi batas untuk simulasi .....	34
Gambar 4.9	<i>Meshing</i> rantai pada <i>software ansys</i> .....	35
Gambar 4.10	<i>Equivalent stress</i> pada rantai.....	37
Gambar 4.11	<i>Equivalent stress</i> dilihat dari sumbu z.....	37
Gambar 4.12	<i>Equivalent strain</i> pada rantai.....	38
Gambar 4.13	Deformasi total pada rantai akibat pemberian beban .....	38
Gambar 4.14	Pengaruh pembebanan pada link dalam tampak isometris .....	39

Gambar 4.15	Pengaruh pembebanan pada link dalam tampak dari sumbu Z .....	40
Gambar 4.16	Pengaruh pembebanan rantai terhadap <i>bushing</i> .....	41
Gambar 4.17	Pengaruh pembebanan rantai terhadap <i>bushing</i> dilihat dari sumbu z .....	41
Gambar 4.18	Pengaruh pembebanan pada rantai terhadap <i>pen</i> .....	42
Gambar 4.19	Pengaruh pembebanan rantai terhadap <i>pen</i> dilihat dari sumbu z .....	42
Gambar 4.20	Pengaruh pembebanan rantai terhadap <i>link</i> luar .....	43
Gambar 4.21	Pengaruh pembebanan rantai terhadap <i>link</i> luar dilihat dari sumbu z .....	44
Gambar 4.22	Pengaruh pembebanan rantai terhadap link bucket .....	44
Gambar 4.23	Pengaruh pembebanan rantai terhadap <i>link bucket</i> dilihat dari sumbu z .....	45
Gambar 4.24	Contoh pembebanan dengan amplitudo konstan .....	45
Gambar 4.25	Hasil <i>fatigue simulation</i> dengan ansys .....	46
Gambar 4.26	Letak tegangan lokal terbesar pada rantai setelah pembebanan .....	48
Gambar 4.27	Lokasi kegagalan pada rantai yang sebenarnya .....	48
Gambar 4.28	Macam macam <i>misalignment</i> .....	49
Gambar 4.29	Gambar teknik dari <i>bucket</i> .....	49
Gambar 4.30	Jarak antara lubang baut pada <i>bucket</i> setelah dimodelkan .....	50
Gambar 4.31	Gambar teknik dari <i>link bucket</i> .....	50
Gambar 4.32	Penentuan pembebanan dan kondisi batas pada <i>link</i> dalam .....	53
Gambar 4.33	<i>Meshing</i> rantai pada <i>software</i> ansys .....	54
Gambar 4.34	<i>Equivalent stress</i> pada <i>link</i> dalam .....	54

Gambar 4.35 Hasil <i>fatigue test</i> pada <i>link</i> dengan <i>software</i> ansys .....	55
Gambar 4.36 Desain baru <i>link</i> dalam .....	56
Gambar 4.37 Penentuan pembebanan dan kondisi batas pada <i>link</i> baru .....	56
Gambar 4.38 <i>Meshing link</i> baru dalam <i>software</i> ansys .....	56
Gambar 4.39 <i>Equivalent stress</i> pada <i>link</i> baru .....	57
Gambar 4.40 Hasil <i>fatigue test link</i> baru dengan <i>software</i> ansys .....	58





*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel standar jarak antar <i>bucket</i> .....	17
Tabel 4.1	Tabel siklus tegangan baja karbon .....	34



# DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data kartu sejarah M2205 .....	65
Lampiran 2	Hasil simulasi rantai dengan software Ansys ....	79
Lampiran 3	Hasil simulasi link dalam desain lama dengan software Ansys.....	95
Lampiran 4	Hasil simulasi link dalam desain baru dengan software ansys.....	107







# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

PT. Petrokimia Gresik merupakan salah satu badan usaha milik negara yang memproduksi pupuk untuk seluruh petani di Indonesia. Ada berbagai macam produk yang dihasilkan oleh PT. Petrokimia Gresik baik yang berupa pupuk maupun produk non-pupuk. Produksi pupuk PT. Petrokimia Gresik diantaranya pupuk ZA, urea, fosfat, NPK, zk dan pupuk petrogranik. Untuk produk non-pupuk diantaranya amoniak, asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), asam fosfat ( $P_2O_5$ ), aluminium flourida dan *cement retarder*. Semua proses produksi dilakukan dengan menggunakan mesin dengan nilai inventaris yang mahal, selain itu kebanyakan mesin yang beroperasi sudah cukup tua.

Asam fosfat (*Phosphoric acid* ( $P_2O_5$ )) diproduksi oleh pabrik III di PT. Petrokimia Gresik. Produksi asam fosfat dimulai dari *phospat rock* digrinding agar ukuran dari *phospat rock* lebih kecil sehingga mudah untuk direaksikan dengan asam sulfat. Hasil grinding *phospat rock* adalah *fine phospat rock* yang dipindahkan ke dalam *hemyhydrate reaction mixer* menggunakan *ground rock bucket elevator*. Hasil dari reaksi antara *phospat rock* dan asam sulfat ada dua jenis yaitu asam fosfat dan produk *gypsum*. Komponen pada pabrik III PT. Petrokimia Gresik yang cukup kritis adalah *ground rock bucket elevator* dikarenakan cuma terdapat satu buah dan merupakan proses yang paling awal dari rangkaian produksi asam fosfat.

*Ground rock bucket elevator* yang digunakan oleh pabrik III adalah *bucket elevator* buatan Tsubaki dengan part – part penyusunnya adalah motor, casing, *bucket*, *link* dan *sprocket* (gear penggerak). Ketinggian dari *ground rock bucket elevator* PT. Petrokimia gresik adalah 31.3 m dari *Center Tail sprocket to Center Head Sprocket* yang terdiri dari 656 *link* dan 164 *bucket*. Jenis *bucket elevator* yang digunakan adalah *bucket elevator*

dengan rantai ganda yang diberi kode peralatan M-2205. Gambar dari *bucket elevator* dengan rantai ganda dapat dilihat pada gambar 1.1. M-2205 merupakan komponen tunggal yang memerlukan manajemen perawatan yang sesuai sehingga kelancaran proses produksi asam sulfat dapat terus berlangsung.



Gambar 1.1 *Double chain bucket elevator*

Kerugian yang diakibatkan oleh sebuah *failure* atau kegagalan sangat besar. Baik kerugian perseorangan maupun kerugian perusahaan. Kegagalan suatu peralatan dapat mengakibatkan berhentinya proses produksi suatu pabrik, bahkan dapat menghilangkan sebuah bencana bagi lingkungan disekitarnya. Sebuah perusahaan akan berupaya untuk mendapatkan *zero accident* atau *zero failure* untuk setiap peralatan yang dimiliki. Keandalan suatu peralatan dapat dijaga dengan melakukan proses manajemen perawatan yang baik. Selain untuk menjaga kelancaran produksi, manajemen perawatan juga mencegah terjadinya kecelakaan ataupun segala kerugian yang dikarenakan suatu kegagalan (*failure*) pada sebuah mesin. Seiring dengan berkembangnya teknologi, manajemen perawatan juga mengalami perkembangan yang cukup signifikan. Ada berbagai macam jenis manajemen perawatan diantaranya *preventive maintenance*, *condition based maintenance*, *reliability centered maintenance* (RCM), dll.



M-2205 pada pabrik III memiliki frekuensi breakdown yang cukup sering setelah dilakukan penggantian rantai dari rantai original tsubaki dengan rantai lokal buatan dalam negeri. Penggantian rantai dilakukan pada perta PA tahun 2014 bulan februari dan mengalami putus rantai pada bulan juni 2014. Perbaikan memakan waktu selama 2 hari yang mengakibatkan pabrik tidak dapat beroperasi sama sekali. Setelah *bucket elevator* mengalami putus total, M-2205 mengalami pergeseran jadwal pengecekan yang biasanya selama satu minggu sekali menjadi setiap 3 hari sekali, dan selalu dilakukan shutdown pabrik selama satu jam untuk dilakukan cek setiap *link* dari *bucket elevator*. Gambar *bucket elevator* mengalami putus total dapat dilihat pada gambar 1.2.



Gambar 1.2 *Bucket elevator* mengalami putus total

Obyek pengamatan dari tugas akhir ini adalah *ground rock bucket elevator* pada pabrik II *Phosphoric acid* PT. Petrokimia Gresik dengan kode mesin M-2205. Material yang diangkut oleh M-2205 merupakan material yang korosif sehingga dapat mempengaruhi kekuatan rantai dari m-2205. Dengan tingginya frekuensi breakdown pada M-2205 dapat dilakukan analisa kegagalan dari



rantai buatan lokal yang telah terpasang. Kegagalan yang terjadi pada rantai M-2205 adalah *pen* mengalami putus, dan *side plate* mengalami putus. Gambar *pen* dan *side plate* yang mengalami putus dapat dilihat pada gambar 1.3.



Gambar 1.3 *Link* dan *pen* yang mengalami kegagalan

Upaya yang telah dilakukan departemen perawatan pabrik PA adalah melakukan inspeksi 100% pada *pen*, *link* dan *bucket* setiap hari oleh operator, inspeksi, mekanik dan las. Penggantian 10 *bucket* (40 *link*) setiap *shutdown water cleaning*. Analisa kegagalan secara *engineering* perlu dilakukan karena dapat mengetahui penyebab terjadinya kegagalan pada M-2205.

## 1.2 Rumusan Masalah

Kegagalan yang diakibatkan oleh putusnya rantai *bucket elevator* M-2205 terlalu sering terjadi dan tidak wajar. Rumusan masalah tersebut adalah mencari penyebab kegagalan dari M-2205 dan mencari metode untuk mencegah atau memperhambat kegagalan pada M-2205

### 1.3 Tujuan Penelitian

Mengacu pada rumusan masalah yang telah diuraikan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisa penyebab kegagalan pada rantai *bucket elevator*.
2. Menemukan solusi untuk merancang rantai yang lebih baik untuk *bucket elevator*.

### 1.4 Batasan Masalah

Dengan melihat kompleksnya permasalahan yang ada, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Peralatan yang diteliti adalah ground rock *bucket elevator* pada pabrik PA/ pabrik II di PT. Petrokimia Gresik dengan kode peralatan M-2205.
2. Data yang diteliti adalah history dan work order untuk perawatan pada M 2205.
3. Tidak dilakukan uji material dikarenakan material rantai tidak bisa dibawa keluar pabrik untuk dilakukan pengujian.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diberikan kepada PT. Petrokimia Gresik adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui penyebab twist rantai dan putusnya rantai *bucket elevator* M2205 dipabrik *Phosphoric acid*.
2. Dapat memberikan solusi permasalahan diatas kepada departemen perawatan pabrik *phosphoric acid*.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang telah dilakukan mengenai *chain analysis* antara lain:

*Study of Roller Conveyor chain Strip under Tensile Loading*

– Jagtap M.D., Gaikwad B.D., Pawar P.M.2014<sup>[1]</sup>. Dalam penelitian tersebut dilakukan analisa secara analitis, eksperimen dan numerik mengenai perilaku *strip* pada *chain* dengan pembebanan tarik. Dalam analisa secara analitis yang dilakukan adalah dengan memodelkan *strip* dengan dimensi 55 mm x 150 mm (*pitch*) x 10 mm. Tegangan maksimum dicari dengan menggunakan persamaan. Besar gaya yang bekerja pada material dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.1 dan 2.2<sup>[1]</sup>.

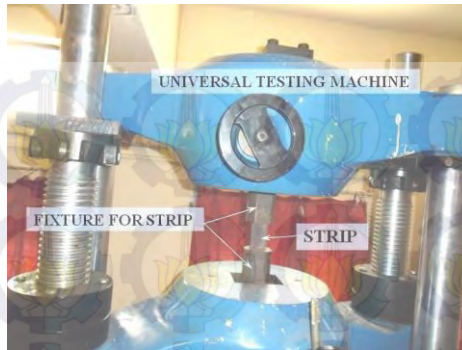
$$\text{Working stress} = \frac{\text{Maksimum stress}}{\text{factor of safety}} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$\text{Working stress} = \frac{\text{working load}}{\text{Re sitting area}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan hasil perhitungan secara analitis kemudian dilakukan pengecekan dengan metode eksperimen dan simulasi.

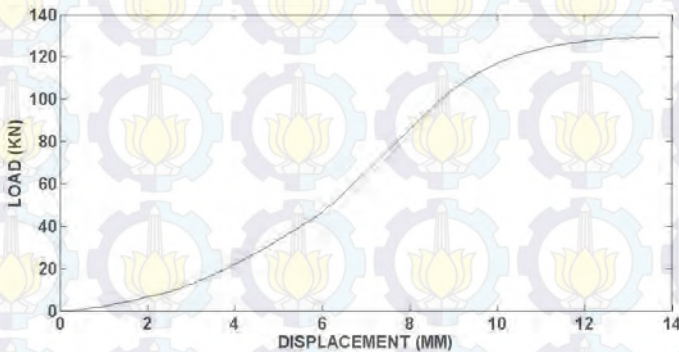
Untuk pengujian kekuatan secara eksperimen dilakukan uji Tarik pada *strip* dengan dimensi 55 mm x 150 mm x 10 mm dengan material EN353. Peralatan yang digunakan adalah *universal testing machine* dengan kapasitas beban 40 ton. Pengaturan alat yang digunakan untuk menguji *strip* ditunjukkan oleh gambar 2.1.





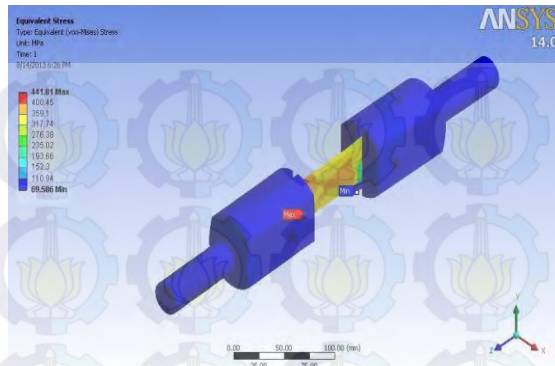
Gambar 2.1 *Universal testing machine.*

Beban diberikan dari penggunaan tekanan hidrolis. Grafik hasil pengujian *strip* ditunjukkan oleh gambar 2.2. beban maksimal yang dapat diterima oleh *strip* sebesar 129.2 KN.



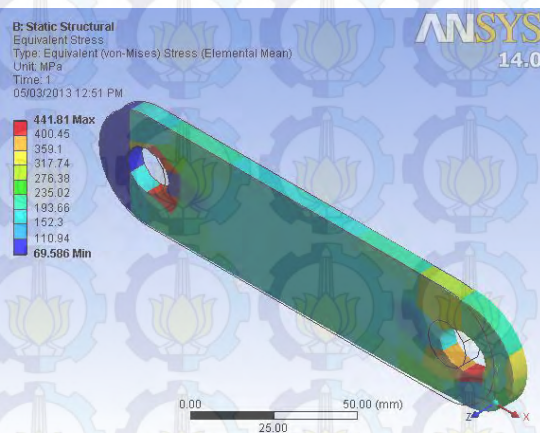
Gambar 2.2 Grafik hasil pengujian *strip*.

Untuk pengujian secara numerik menggunakan *finite element analysis* (FEA) dengan menggunakan bantuan *software* Ansys. *Strip* dimodelkan dengan menggunakan *software* catia dan dilakukan *meshing* dengan *software* Ansys. Pemodelan menggunakan *software* Ansys ditunjukkan dengan gambar 2.3.



Gambar 2.3 Pemodelan dengan *software Ansys*.

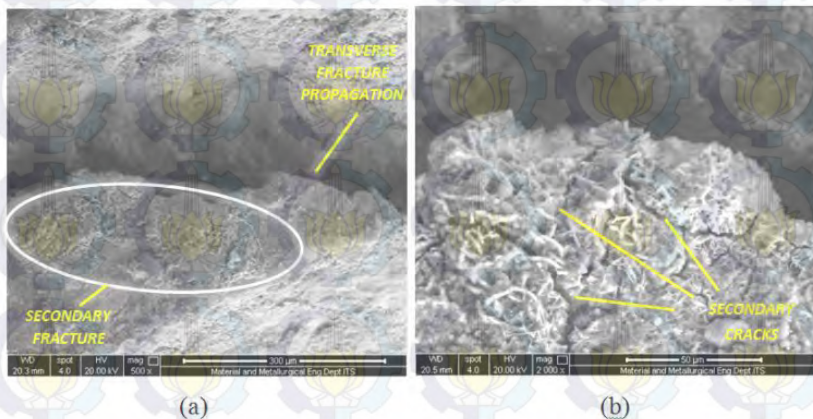
Area yang berwarna merah menunjukkan reaksi dari beban yang diberikan kepada *strip*. Tegangan maksimum yang diterima oleh dari *strip* dapat diketahui, daerah kegagalan juga dapat diamati. Untuk tegangan yang diterima disekitar lubang *pen* pada *strip* dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Pengujian FEA dengan Ansys.

Dari gambar 2.4 dapat dilihat bahwa terjadi pemusatan tegangan pada daerah sekitar lubang sehingga *strip* akan mengalami kegagalan pada daerah tersebut.

Investigasi Penyebab Kerusakan *Chain Bucket elevator* Pada 7<sup>th</sup> *Finish Mill Transport System Area* Di Tuban IV PT. Semen Gresik - Sebastianus Dwi Danuputro.2015<sup>[2]</sup>. Dalam penelitian tersebut dilakukan analisa mengenai penyebab kerusakan pada *chain bucket elevator*. Penelitian dilakukan secara analitis dan eksperimen. Perhitungan secara teoritis dilakukan untuk mendapatkan beban maksimal yang diterima oleh rantai. Pada pengujian secara teoritis digunakan untuk menentukan *chain bucket elevator* mengalami *overload* atau tidak. Kemudian peneliti menggunakan pengujian *scanning electron microscopy* (SEM) untuk mengetahui apakah *chain* mengalami kegagalan yang disebabkan oleh *fatigue*. Hasil pengujian ditunjukkan oleh gambar 2.5<sup>[2]</sup>.



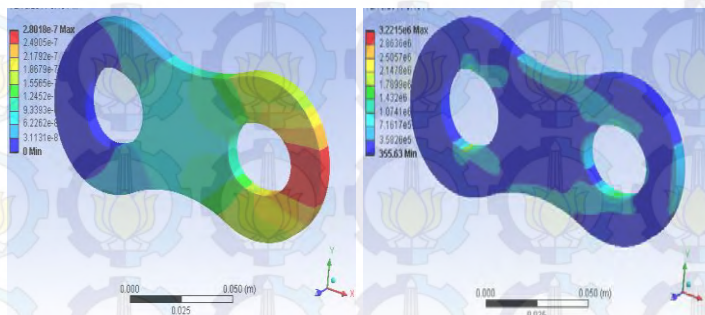
Gambar 2.5 Hasil pengujian SEM.

Kemudian peneliti melakukan pengujian impact pada sampel *chain* untuk menentukan *heat treatment* yang dilakukan pada *chain bucket elevator*. Tetapi pada penelitian ini tidak dilakukan



pengujian secara numerik untuk mengetahui akar permasalahan dari kegagalan yang terjadi pada *chain bucket elevator* di *finish mill transport system area* di PT. Semen Gresik.

*Fea Based Study of Effect of Radial Variation of Outer Link in A Typical Roller Chain Link Assembly* - Tushar D. Bhoite, Prashant M. Pawar & Bhaskar D. Gaikwad.2012<sup>[3]</sup>. Dalam penelitian ini dilakukan proses optimasi desain rantai untuk meminimalkan mode kegagalan yang terjadi. Proses ini menganalisa berbagai desain seperti ketebalan dinding *link*, besar area *link* dan bentuk *link*. Dalam melakukan optimasi area *link*, material yang digunakan memegang peranan yang sangat penting sehingga perlu memutuskan material yang akan digunakan. Desain dari rantai ditentukan dengan menggunakan *finite element analysis* (FEA) menggunakan bantuan *software Ansys workbench*. Metode FEA digunakan untuk mendesain model rantai, *preprocessing*, *processing*, *post processing* rantai. Pemodelan yang dibuat dapat dilihat pada gambar 2.6<sup>[3]</sup>.



Gambar 2.6 Pemodelan rantai dengan Ansys.

## 2.2 Perawatan (*Maintenance*)

*Maintenance* adalah aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas peralatan atau sistem agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi semula (Supriadi,1998)<sup>[15]</sup>. Sedangkan menurut blacnkhard (1995)



mendefinisikan *maintenance* sebagai salah satu kegiatan pendukung yang bertujuan untuk menjamin kelangsungan fungsional suatu sistem produksi (peralatan, mesin, dan fasilitas lainnya), sehingga pada saat dibutuhkan dapat dipakai sesuai dengan kondisi yang diharapkan<sup>[16]</sup>. Menurut Dhillon perawatan adalah semua tindakan yang dibutuhkan untuk menjaga komponen atau peralatan pada kondisi yang spesifik atau mengembalikannya kepada kondisi seperti baru digunakan. Sehingga perawatan sangat diperlukan untuk kelancaran sebuah produksi<sup>[17]</sup>. Secara umum perawatan dapat digolongkan menjadi dua hal yaitu:

- Perawatan direncanakan  
Suatu tindakan atau kegiatan perawatan yang mana pelaksanaan kegiatan tersebut telah direncanakan terlebih dahulu.
- Perawatan tidak direncanakan  
Suatu tindakan atau kegiatan perawatan yang mana pelaksanaannya tidak direncanakan.

Secara umum klasifikasi perawatan dapat digolongkan sebagai berikut :

- *Preventive maintenance*  
Suatu inspeksi atau servis secara berkala pada suatu peralatan produksi yang telah direncanakan dan dijadwalkan agar peralatan dapat berfungsi sesuai dengan kemampuannya serta mencegah kerusakan dini. *Preventive maintenance* dapat meminimalkan biaya perawatan
- *Predictive maintenance*  
*Maintenance* yang dilakukan dengan tujuan agar instalasi dapat bekerja dengan sesuai fungsinya serta mencegah downtime yang tidak perlu, karena suatu gejala kerusakan dapat diketahui secara dini. Pelaksanaan *predictive maintenance* membutuhkan pemantauan kondisi dan kerusakan komponen kritis. Aplikasi perawatan ini biasanya dilakukan pada peralatan kritis yang dapat mempengaruhi kelangsungan produksi sebuah perusahaan.
- *Corrective maintenance*

*Corrective maintenance* adalah sebuah studi tentang seluruh kegagalan peralatan untuk menentukan tindak lanjut apa yang dibutuhkan untuk mencegah terulangnya kembali kegagalan sebuah sistem atau peralatan.

- *Breakdown maintenance*

*Breakdown maintenance* adalah suatu manajemen perawatan dimana peralatan akan diperbaiki jika peralatan tersebut telah gagal beroperasi sesuai dengan kriteria perencanaannya.

Kategori kegiatan yang ada pada *preventive maintenance* adalah sebagai berikut:

- *Condition directed*

Merupakan kegiatan yang bertujuan untuk mendeteksi awal terjadinya kerusakan. Salah satu alternatif terbaik dengan mendeteksi awal terjadinya kerusakan dan memperkirakan waktu yang meunjukkan suatu peralatan akan mengalami kegagalan dalam menjalankan operasinya.

- *Time directed*

Merupakan kegiatan yang bertujuan secara langsung mencegah atau memperlambat terjadinya kerusakan dan dilakukan secara periodik sampai peralatan tidak dapat beroperasi kembali.

- *Failure finding*

Merupakan kegiatan yang bertujuan untuk menemukan kerusakan yang tersembunyi dalam menjalankan operasinya. Pada yang besar dan kompleks hampir seluruh peralatan pernah mengalami kerusakan yang tersembunyi.

- *Run to failure*

Merupakan suatu keputusan untuk mengoperasikan peralatan sampai terjadi kerusakan karena ditinjau dari segi ekonomis tidak menguntungkan jika dilakukan perawatan.

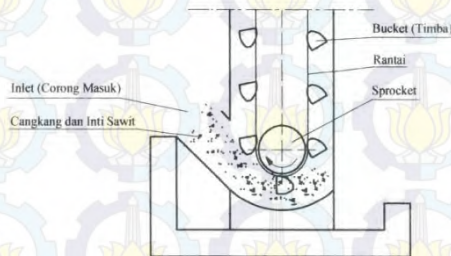
## 2.3 Bucket elevator

*Bucket elevator* merupakan alat pengangkut material curah yang ditarik oleh sabuk atau rantai tanpa ujung dengan arah yang

biasanya vertical, serta pada umumnya ditopang oleh casing atau rangka. *Bucket elevator* merupakan jenis alat pengangkut yang memanfaatkan timba timba yang tersusun dengan jarak antar timba yang seragam dan beraturan. Dalam melakukan kerjanya *bucket elevator* memiliki 2 sistem kerja, sistem pemasukan dan sistem pengeluaran<sup>[4]</sup>.

- Sistem pemasukan

Sistem pemasukan pada *bucket elevator* pada umumnya dirancang tergantung pada material yang diangkut. Pada umumnya sistem yang dipakai yaitu penyekopan material pada timba. Sistem pemasukan ditunjukkan oleh gambar 2.7.

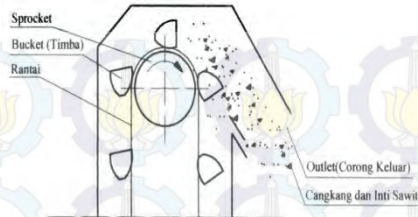


Gambar 2.7 Sistem pemasukan *bucket elevator*.

- Sistem pengeluaran

Sistem pengeluaran pada *bucket elevator* pada umumnya menggunakan prinsip sentrifugal, dimana material tersebut akan keluar ke tempat yang telah diperhitungkan. Melalui gaya grafitasi material akan jatuh pada wadah penampungan yang telah didisiapkan. Sistem pengeluaran pada *bucket elevator* ditunjukkan oleh gambar 2.8.





Gambar 2.8 Sistem pengeluaran *bucket elevator*.

*Bucket elevator* khusus untuk mengangkut berbagai macam material berbentuk serbuk, butiran butiran kecil, dan bongkahan. Sedangkan berdasarkan sistem transmisi *bucket elevator* dibedakan menjadi dua macam yaitu:

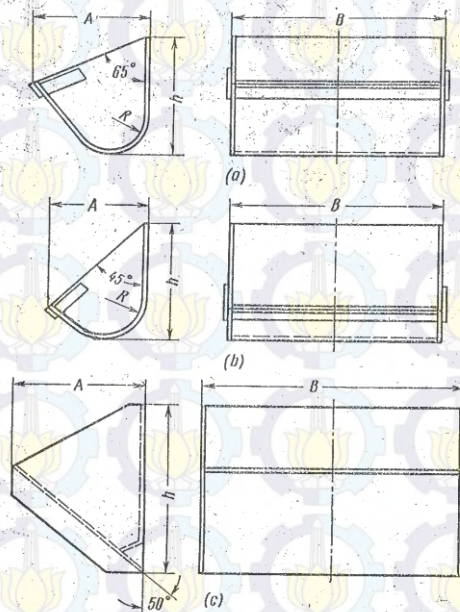
1. Menggunakan transmisi sabuk  
*Bucket elevator* menggunakan sabuk (*belt*) yang harus diperhatikan adalah:
  - i) Faktor material yang diangkut. Bila material yang diangkut terlalu tinggi maka sabuk akan mengalami pemuaihan panjang sehingga kekuatannya akan menurun.
  - ii) Faktor transmisi yang dihantarkan. Jika material yang dihantarkan berupa material serbuk maka ada kemungkinan serbuk halus masuk ke sisi permukaan *puley* sehingga dapat terjadi slip pada *puley* dan *belt*.
  - iii) Faktor perawatan belt lebih banyak memerlukan perawatan akibat robek dan suhu operasi yang tinggi.
2. Menggunakan transmisi rantai  
*Bucket elevator* yang menggunakan rantai yang harus diperhatikan adalah:
  - i) Kemungkinan terjadi muai panjang akibat suhu tinggi material relative kecil.
  - ii) Kemungkinan terjadi slip pada sistem transmisi sangat kecil karena roda penggerak menggunakan sprocket sehingga daya motor diteruskan dengan baik.



- iii) Perawatan lebih sedikit karena kemungkinan terjadi kerusakan rantai relatif kecil.
- iv) Umur pemakaian lebih lama.

Dalam tugas akhir ini jenis *bucket elevator* yang digunakan adalah *chain bucket elevator* atau *bucket elevator* dengan transmisi rantai. Rantai yang digunakan dua buah dengan letak *bucket* berada diantara kedua rantai dengan jarak antar *bucket* yang telah diperhitungkan.

Ada tiga jenis *bucket* yang biasanya digunakan dalam *bucket elevator*, jenis tersebut antara lain *deep bucket* yang ditunjukkan oleh gambar 2.9a. *Round – bottom shallow bucket* yang ditunjukkan pada gambar 2.9b, dan *V – type* yang ditunjukkan pada gambar 2.9c.



Gambar 2.9 Jenis *bucket* untuk *bucket elevator*.

*Deep bucket elevator* dengan sudut *bucket*  $65^\circ$  digunakan untuk beban curah yang berbentuk tepung atau butiran kecil yang kering, tidak lengket, dan tidak abrasif. *Round bottom shallow bucket elevator* dengan sudut *bucket*  $45^\circ$  digunakan untuk memindahkan material yang sama dengan *deep bucket*, tetapi yang mempunyai sifat lengket. *Vee – bucket elevator* digunakan untuk material curah dengan ukuran butiran yang cukup besar atau material yang abrasif<sup>[4]</sup>.

Kapasitas *bucket elevator* dihitung dengan menggunakan persamaan 2.3.

$$Q = 3.6 \cdot \frac{i_o}{a} \cdot v \cdot \gamma \cdot \varphi \text{ (ton/jam)} \dots \dots \dots (2.3)$$

Apabila kapasitas Q diketahui maka persamaan 2.3 akan menjadi persamaan 2.4.

$$\frac{i_o}{a} = \frac{Q}{3.6 \cdot v \cdot \gamma \cdot \varphi} \text{ (l/m)} \dots \dots \dots (2.4)$$

Isi dan jarak *bucket* dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tabel standar jarak antar *bucket*.

Bucket width B, mm	Deep buckets			Shallow buckets		V-buckets		
	Bucket Spacing a, mm	Bucket capacity i <sub>0</sub> , l	$\frac{i_o}{a}$ l/m	Bucket capacity y i <sub>0</sub> , l	$\frac{i_o}{a}$ l/m	Bucket spacing a, mm	Bucket capacity i <sub>0</sub> , l	$\frac{i_o}{a}$ l/m
135	300	0.75	2.5	—	—	—	—	—
160	300	1.1	3.67	0.65	2.17	160	1.5	9.4
200	300	2.0	6.67	1.1	3.67	—	—	—
250	400	3.2	8.0	2.6	6.5	200	3.6	18.0
350	500	7.8	15.6	7.0	14.0	250	7.8	31.2
450	600	14.5	24.2	15.0	25.0	320	16.0	50.0
600	—	—	—	—	—	400	34.0	85.0
750	—	—	—	—	—	500	67.0	134.0
900	—	—	—	—	—	630	130.0	206.0

Tegangan maksimal pada *chain* dapat dicari dengan menjumlahkan semua tahanan disetiap bagian *bucket elevator* yang bergerak. Untuk *bucket elevator* vertical pada gerak yang teratur dapat didekati dengan menggunakan persamaan 2.5.

$$S_{max} = 1.15 \cdot H(q + k_1 \cdot q_o) \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

H : Tinggi elevasi pemindahan beban (m)

q : Berat beban per meter (kg/m)

q<sub>o</sub> : Berat permeter rantai dan *bucket* (kg/m)

k<sub>1</sub> : Faktor yang diberikan karena adanya tegangan dikarenakan adanya tahanan pada saat rantai / belt melingkar pada sprocket / pulley atas dan bawah, termasuk pada saat *scoopeng – up material*.

Besarnya nilai q dan q<sub>o</sub> dapat dihitung menggunakan persamaan 2.6 dan 2.7.

$$q = \frac{Q}{3.6.v} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$q_o = k_2 . Q \dots\dots\dots (2.7)$$

Untuk mendapatkan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan *bucket elevator* menggunakan persamaan 2.8.

$$Nm = \frac{9.81}{3.6.1000} (1.15 + k_3 . k_2 . v) \frac{1}{\eta_t} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan  $\eta_t$  merupakan efisiensi transmisi. Nilai k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub> dan k<sub>3</sub> dilihat pada gambar 2.10.

Conveying capacity Q, tons per hour	Elevator type					
	Belt		Single chain		Twin chain	
	Type of buckets (see Fig. 154)					
	Deep and shallow	V-bucket	Deep and shallow	V-bucket	Deep and shallow	V-bucket
	Factor K <sub>2</sub>					
Up to 10	0.6	—	1.1	—	—	—
10 to 25	0.5	—	0.8	1.1	1.2	—
25 to 50	0.45	0.6	0.6	0.85	1.0	—
50 to 100	0.40	0.55	0.5	0.7	0.8	1.1
Over 100	0.35	0.5	—	—	0.6	0.9
Factors						
K <sub>1</sub>	2.5	2	1.5	1.25	1.5	1.25
K <sub>3</sub>	1.6	1.1	1.3	0.8	1.3	0.8

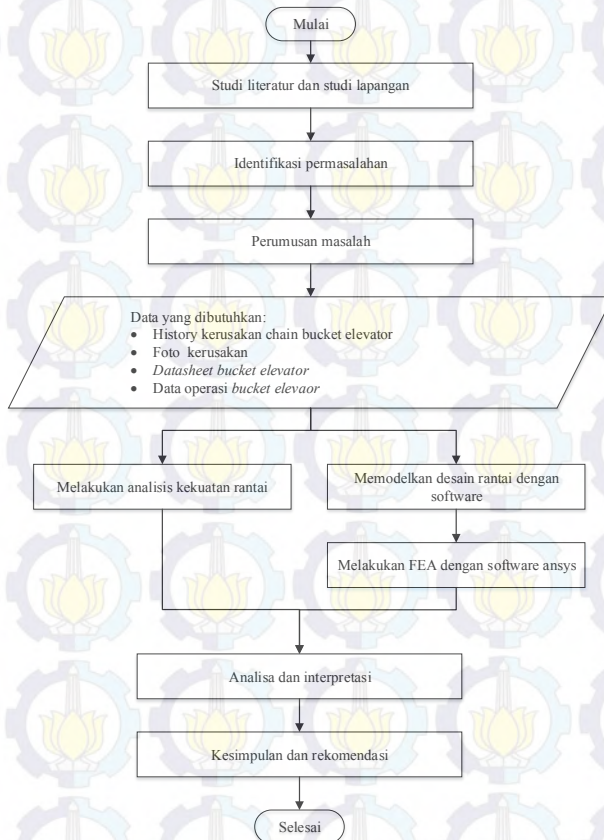
Gambar 2.10 Nilai faktor tegangan pada rantai saat melingkar pada sprocket.



## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian tugas akhir ini akan dilaksanakan menggunakan diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir Penelitian



### 3.2 Metodologi Penelitian

Diagram alir penelitian pada gambar 3.1 dapat dijelaskan lebih lanjut secara mendalam dengan beberapa sub bab ini.

#### 3.2.1 Studi Literatur, Studi Lapangan dan Identifikasi Permasalahan

Langkah awal yang dilakukan untuk menyusun tugas akhir ini adalah dengan melakukan studi lapangan ke PT. Petrokimia Gresik. Studi lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi perusahaan sehingga dapat dilakukan identifikasi permasalahan yang akan diangkat dalam tugas akhir ini. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang mendukung analisa untuk menyelesaikan masalah yang didapatkan di PT. Petrokimia Gresik. Studi lapangan dilakukan di departemen perencanaan dan pengendalian pabrik *phosphoric acid* (PA) PT. Petrokimia Gresik. Selain dilakukan studi lapangan, penyusunan tugas akhir ini juga dilakukan studi literatur untuk mendapatkan informasi yang mendukung penelitian, baik dari buku, jurnal ilmiah maupun penelitian penelitian sebelumnya. Adapun studi literatur yang dilakukan mengenai mesin *bucket elevator* baik berupa gambar detail maupun fungsi tiap tipe komponen. Studi literatur mengenai penyebab kerusakan suatu peralatan dikarenakan *fatigue*, *misalignment* maupun *overload*.

#### 3.2.2 Perumusan Masalah

Langkah selanjutnya dilakukan perumusan masalah yang akan dijadikan obyek penelitian ini. Obyek yang akan diteliti adalah rantai dari *ground rock bucket elevator* yang ada di PT. Petrokimia Gresik. Alasan memilih *bucket elevator* karena mesin *bucket elevator* memiliki frekuensi perawatan yang tinggi di pabrik PA dan merupakan mesin tunggal yang menjadi awal dari produksi di pabrik PA. Terdapat kegagalan yang berulang pada rantai *bucket elevator* dan belum ada penelitian mengenai hal tersebut. Dalam tugas akhir ini yang dijadikan permasalahan adalah penyebab kerusakan dari rantai *bucket elevator*.

### 3.2.3 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data data dilapangan. Data yang dikumpulkan merupakan data kegagalan pada *bucket elevator* mulai dari januari 2011 sampai dengan desember 2014. Data yang didapatkan berupa data historis dari perawatan *bucket elevator*, gambar detail *bucket elevator*, data komponen mesin *bucket elevator*. *Datasheet bucket elevator* juga diperlukan untuk melakukan analisis kekuatan rantai dari *bucket elevator*. Data pengoperasian *bucket elevator* juga diperlukan.

### 3.2.4 Pengolahan Data

Setelah data yang diperlukan terkumpul, maka dilakukan pengolahan data dsebagai berikut:

#### 3.2.4.1 Analisa Secara Analitis

Analisa secara analitis dilakukan untuk mengetahui kemungkinan kegagalan rantai yang diakibatkan pembebanan yang berlebih dalam pengoperasian *bucket elevator*. Melakukan perhitungan mengenai tegangan yang diterima oleh rantai *bucket elevator*. Hasil perhitungan secara analitis ini yang akan digunakan dalam simulasi menggunakan simulasi dengan bantuan *software ansys workbench*.

#### 3.2.4.2 Memodelkan Rantai *Bucket Elevator*

Analisa secara simulasi dimulai dengan membuat model rantai secara grafis 3 dimensi menggunakan *software catia*. Pemodelan yang akan dibuat mewakili spesimen yang asli degan menggunakan data material yang didapatkan dari pengumpulan data di PT. Petrokimia Gresik.

### 3.2.4.3 Melakukan Simulasi FEA

Model yang telah dibuat menggunakan *software* catia di *eksport* kedalam *software* ansys untuk dilakukan *meshing*. Kemudian dilakukan simulasi dengan memberikan pembebanan kepada model rantai yang telah dibuat sehingga didapatkan hasil simulasi berupa area dengan perbedaan warna yang menunjukkan konsentrasi tegangan yang diterima oleh rantai. Hasil tersebut yang akan dilakukan analisa dan ditentukan rekomendasi dari penyebab kerusakan dan kemungkinan penggunaan material yang lebih cocok dengan pembebanan yang dialami oleh rantai pada *bucket elevator*.

### 3.2.5 Analisa dan Implementasi

Tahap selanjutnya adalah melakukan analisa mengenai hasil dari simulasi menggunakan *software* ansys. Hasil yang dianalisa adalah tegangan maksimal yang diterima oleh *link* rantai, dan umur rantai terhadap beban fatigue dengan gaya yang ditentukan. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk pihak PT. Petrokimia Gresik sebagai bahan rekomendasi perawatan *bucket elevator*. Analisa juga digunakan untuk memudahkan pemahaman hasil penelitian yang telah dilakukan.

### 3.2.6 Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah penarikan kesimpulan dan saran. Pada tahap ini dijelaskan hasil akhir dari rangkaian penelitian yang telah dilakukan. Selain hasil akhir, juga diberikan saran yang bisa dijadikan rekomendasi untuk pembaca dan pihak PT. Petrokimia Gresik yang telah memberikan permasalahan serta tempat untuk pengambilan data yang dibutuhkan.



## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini akan membahas mengenai probabilitas penyebab kegagalan dari rantai *bucket elevator* M2205 pada pabrik *phosphoric acid* di PT. Petrokimia Gresik. *Bucket elevator* M2205 merupakan peralatan vital yang digunakan untuk proses produksi *phosphoric acid*. *Bucket elevator* memindahkan *phosphat rock* hasil *grinding* kedalam tabung reaksi untuk menghasilkan *phosphoric acid*. Ketika terjadi kegagalan pada *bucket elevator* maka proses produksi akan terhenti secara total atau pabrik berhenti produksi.

Analisa penyebab kerusakan dilakukan dengan mengacu pada kondisi operasional, riwayat penggunaan *bucket elevator*, foto kerusakan dan informasi yang didapatkan dari PT. Petrokimia Gresik. Setelah itu dilakukan pengolahan data dan dilakukan analisa menggunakan perhitungan secara teoritis. Selanjutnya dilakukan simulasi menggunakan *software* Ansys untuk menentukan penyebab kerusakan dari rantai *bucket elevator*.

#### **4.1 Riwayat Penggunaan dan Data Kerusakan Rantai**

Data data yang didapatkan dari pabrik *phosphoric acid* di PT. Petrokimia Gresik merupakan data yang dibuat acuan dalam mengidentifikasi penyebab dari kerusakan rantai *bucket elevator*. Data data tersebut adalah sebagai berikut:

1. Riwayat kerusakan rantai *bucket elevator*.
2. Foto kerusakan rantai.
3. Gambar teknik dari rantai dan *bucket*.
4. Kondisi aktual pengoperasian *bucket elevator*.

##### **4.1.1 Riwayat Kerusakan *Bucket elevator***

Contoh riwayat kerusakan dari *bucket elevator* dapat dilihat dalam gambar 4.1. Data tersebut didapatkan dari departemen perencanaan dan pengendalian (CANDAL) di pabrik



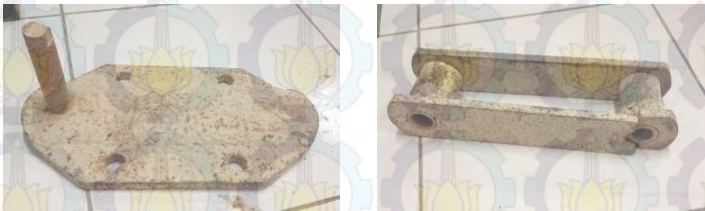
*phosphoric acid* PT. Petrokimia Gresik. Data yang didapatkan tahun 2013 – 2014. (laporan lengkap terlampir pada lampiran 1)

NOMOR DOKUMEN :		KARTU SEJARAH					
01M.2205		DEPARTEMEN PEMELIHARAAN III					
TANGGAL		UNIT : Grinding		MATERIAL YANG DIPAKAI		KETERANGAN	
		Diperiksa	Diperbaiki	Diperbaiki			DISI OLEH
							No Badge Paraf
18/02/2014		PROGRAM PENGADILAN CHAIN DAN BUCKET		TUKUT BAKU TUKUT SEMPIT CHAIN/CHAIN		BUCKET NO. 1000000000	
TOTAL/SEMUA				ANALISA 200% 600LUNG		DI BANTU KEH 90	
SHUT DOWN TA. 2014-12/2014 5/10 28 PER				BUCKET BAKU BUATAN LATSIV		DAN MEKANIK	
				BAUT M8X80		1312 EA	
24/02/2014		MOTOR TURBIDAN DAN BAK STOP KURUS		GANTI SACTI DAN LEMAS BAK STOP		BUCKET KURUSAN	
				DIAMETER SHAF 135MM		PRODUK BAGIAN BA	
						WAKUDUT LET BUNTU	
24/02/2014		GANTI BAK STOP YNG KOSONG SEMENTARA		BAK STOP EL PERAIN DARI 2 BAK STOP		M 2205 BERTHENTI	
						SEMENTARA 2 JAM	
						UNSUB BAKING BAK	
						STOP EN PERAIN JUK	
02/04/2014		GANTI BEARING BOTTOM		GANTI BEARING UCI 913 514 BELERANG		PHOSPAT LEMBU	
				DAN GANTI DEFLECTOR BOTTOM		BOCOR/DEBU	
14/04/2014		REPAIR INU BELAK		GANTI REPAIRING BAK 20005 01M		PMU DOKOR 0	

Gambar 4.1 Gambar kartu sejarah *bucket elevator*

#### 4.1.2 Foto Foto Kerusakan Rantai

Foto kerusakan rantai didapatkan dari departemen pemeliharaan pabrik *phosphoric acid* PT. Petrokimia Gresik. Foto tersebut ditunjukkan pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Kegagalan yang terjadi pada rantai *bucket elevator*

Dari gambar 4.2 menunjukkan kegagalan yang terjadi pada rantai *bucket elevator*. Kondisi kegalan yang terjadi adalah putusya rantai pada satu sisi *inner link* rantai beserta putusya *pen* yang menggabungkan *outer link* dan *inner link* pada rantai. Kondisi *pen* mengalami putus ditunjukkan oleh gambar 4.3. Pada gambar

4.3 *pen* yang mengalami putus ditunjukkan dengan lingkaran yang berwarna merah.



Gambar 4.3 Patah *pen* pada saat inspeksi

#### 4.1.3 Struktur Material Rantai

Struktur material rantai magma berbeda dengan struktur material rantai tsubaki atau rantai original dari *bucket elevator* pada pabrik *phosphoric acid* PT. Petrokimia Gresik. Perbedaan yang paling mendasar adalah *pen* dan *conveyor chain* menjadi satu bagian, sedangkan *conveyor chain* dan *pen* yang original terpisah.

#### 4.1.4 Kondisi Aktual Operasional

Kondisi aktual operasional didapatkan dari bagian perencanaan dan pengendalian pabrik PA dengan penggalian informasi dengan operator dan kepala seksi. Kondisi aktual ini dapat digolongkan menjadi beberapa klasifikasi sebagai berikut:

1. Alat : *inner ling* pecah terjadi pada bagian *bushing* dan diikuti putusnya *pen* rantai. Berdasarkan monitoring operator terdapat beberapa *pen* yang mengalami putus saat pengoperasian. *Pen* dan *bushing* tidak berputar sesai

dengan yang semestinya yang disebabkan *clearance* *pen* dan *inside bushing* menggunakan suaian sesak. *Pen* dan *bushing* dimungkinkan mengalami korosi akibat terlalu lama disimpan dalam gudang. *Feeding phospat rock* tidak stabil sehingga terdapat timbunan diarea bawah *bucket*. Rantai magma sudah berada pada gudang PT. Petrokimia Gresik sejak tahun 2006 dan baru dipasang tahun 2014.

2. Manusia : proses pemasangan rantai mengalami *misalignment*, proses penggantian sparepart tidak sesuai dengan standar sehingga pemasangan *bushing* dan *pen* tidak presisi. Tidak presisi adalah jarak *bushing* yang tidak sama.

#### **4.2 Probabilitas Penyebab Kegagalan Rantai pada *Bucket elevator***

Rantai sebagai penggerak merupakan salah satu komponen utama *bucket elevator*. Berdasarkan kepada studi literatur terdapat beberapa kerusakan yang dapat terjadi pada rantai *bucket elevator*.<sup>[4]</sup>

*Fracture/plastic deformation*:

1. *Overload* : *overload* merupakan keadaan ketika beban yang diterima melebihi beban maksimum yang diizinkan atau diatas *yield strength*. Ketika beban diterima berlebih mengakibatkan deformasi pada struktur material maka hal ini dapat menyebabkan *fracture* ketika beban sudah mencapai titik puncak atau *ultimate strength*.
2. *Fatigue* : *fatigue* atau kelelahan adalah bentuk dari kegagalan yang terjadi pada struktur karena adanya beban dinamik yang berfluktuasi dibawah *yield strength* yang terjadi dalam waktu yang lama dan berulang-ulang. *Fracture/ plastic deformation* karena *fatigue* terjadi selama 3 tahapan yaitu permulaan retak, penyebaran retak, dan patah. Mekanisme dari retak dimulai dengan *crack initiation* yang terjadi dipermukaan material yang lemah atau daerah yang terjadi pemusatan tegangan dipermukaan.



3. *Wrong heat treatment* : *heat treatment* merupakan proses perlakuan temperatur pada proses fabrikasi untuk mencapai sifat material yang diinginkan. Hal ini memungkinkan terjadinya kesalahan proses yang dapat menyebabkan ketidaksesuaian sifat material dengan kondisi kebutuhan baik dari kekerasan, kekuatan dan sebagainya.
4. *Wrong design and manufacturing*: *wrong design* dapat menyebabkan kerusakan karena kesalahan dalam menentukan dimensi, pembebanan dan pemilihan material yang akan digunakan.

#### 4.2.1 Overload

Berdasarkan data spesifikasi rantai *bucket elevator* yang telah didapatkan dari pabrik PA dapat dilakukan perhitungan secara analitis besarnya gaya yang terapkan pada rantai. Sehingga dapat diketahui apakah gaya yang diterima rantai melebihi besar gaya yang diizinkan oleh spesifikasi material rantai magma dan dapat berpotensi mengalami *overload*.

##### 4.2.1.1 Perhitungan Pendekatan Gaya yang Terapkan pada Rantai

Berdasarkan data yang diperoleh dari datasheet tsubaki dan data material chain magma sehingga dapat dilakukan pendekatan secara teoritis gaya yang terapkan pada rantai dengan persamaan yang telah diketahui dalam studi literatur<sup>[5]</sup>. Diketahui *bucket elevator* Tsubaki merupakan tipe:

- Double chain *bucket elevator*
- Vee *bucket*

Spesifikasi data *bucket elevator* Tsubaki:

- Material yang diangkut : Phospat rock
- Temperatur : 30° C
- *Water content* : 4% max
- *Abrasive* : Very
- Kapasitas konveyor (Q) : 110 ton/jam



- Kecepatan (v) : 25 m/menit = 1500 m/jam
  - Ketinggian elevasi (H) : 31.3 m
  - *Inclination* : 90°
  - Daya : 22 Kw
  - Jam kerja : 24 jam/hari
  - $\Psi$  (*average loading eff.*) : 0.7
  - $q$  (berat beban per meter;  $q = \frac{Q}{3.6.v}$  kg/m)
  - $q_0$  (berat per meter rantai dan *bucket* (kg/m) =
  - Berat rantai = 14 kg/m
  - Berat *bucket* = 24.83 kg
  - $a$  (jarak *bucket*) : 400 mm
  - $h$  (tinggi *bucket*) : 350 mm
  - $A$  (lebar *bucket*) : 630 mm
  - $\gamma$  (berat material per unit volume (ton/m<sup>3</sup>)) = 961.3 kg/m<sup>3</sup>  
= 0.9613 ton/m<sup>3</sup>
  - $io$  (volume *bucket*(liter)) :  $3.183 \times 10^6$  mm<sup>3</sup>
  - $K_1$  (faktor yang diberikan pada tahanan gerak, serta bending pada belt/rantai dan tahanan pada saat *bucket* mengeruk material) = 1,25 didapatkan dari tabel<sup>[4]</sup> kisaran  $K_1, K_2, K_3$  pada *double chain* dan *vee bucket*).
  - *Chain strength* : 39500 kg
  - *Driver power terpasang* : 22 kw
- Kekuatan rantai diketahui sebesar 39500 kg atau 387.495 KN dengan *breaking load test*. Tes dilakukan minimal 3 spesimen. *Breaking load test* ini dilakukan di pemeliharaan pabrik PA di PT. Petrokimia Gresik. Material chain magma menggunakan SCM 4<sup>[16]</sup>/AISI 4137<sup>[15]</sup> dengan data material sebagai berikut:
- *Density* : 7850 kg/m<sup>3</sup>
  - *Annealing hardness* (HBS) : 235
  - *Cold pull hardness* (HBS) : 262
  - *After tempering hardness*  $\geq$ HRC : 60
  - *Yield strength* : 415 Mpa
  - *Commprasive yeld strength* : 415 Mpa

- *Ultimate tensile strength* : 520 Mpa
- *Poisson ratio* : 0.29
- *Bulk modulus* : 160 Gpa
- *Modulus of elasticity* : 205 Gpa
- *Shear modulus* : 80 Gpa
- *Thermal conductivity* : 42.7 W/m.K

Dengan komposisi kimia sebagai berikut:

- Carbon : 0.35 – 0.4%
- Chromium : 0.8 – 1.1%
- Manganese : 0.7 – 0.9%
- Molybdenum : 0.15 – 0.25%
- Phosphorus : < 0.035%
- Silicon : 0.15 – 0.35%
- Sulfur : < 0.040

Dari komposisi kimia yang didapatkan kandungan carbon sebesar 0.4% menandakan bahwa material merupakan jenis medium carbon. Material *medium carbon* sendiri merupakan material yang memiliki kandungan carbon antara 0.25 – 0.55%. komposisi kimia unsur lain yang merupakan unsur paduan yang paling dominan adalah chromium 0.8 % dan manganese 0.9%.

Perhitungan beban maksimum yang diterima rantai:

Tegangan maksimum rantai (double chain) <sup>[4]</sup>:

$$S_{max} = 1.15 H (q + K1 \cdot q_0) 9.81$$

$$q = \frac{Q}{3.6 \cdot v} = \frac{110}{3.6 \cdot 1500} = 0.02037 \frac{kg}{m}$$

$$q_0 = 14 \frac{kg}{m} + \frac{24.83}{0.4} = 76.075 \frac{kg}{m}$$

$$S_{max} = 1.15 \cdot 31.3 \cdot (0.0203 + 1.25 \cdot 76.075) \cdot 9.81$$

$$S_{max} = 33585.8 N$$

Tarikan tiap rantai :

$$S_{1-2} = \frac{S_{max}}{2} = \frac{33585.8 N}{2} = 16792.9 N$$

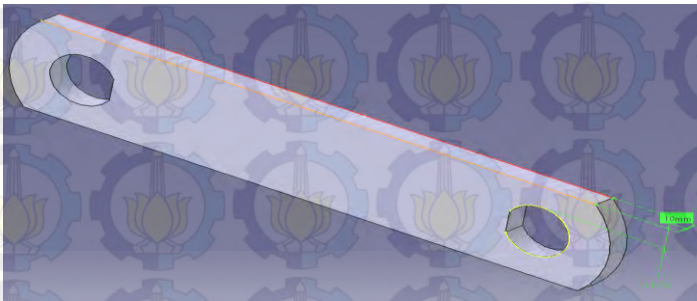
Gaya yang diterima oleh satu link rantai sebesar:

$$S_{l(1-2)} = \frac{16792.9}{2} = 8396.45 \text{ N}$$

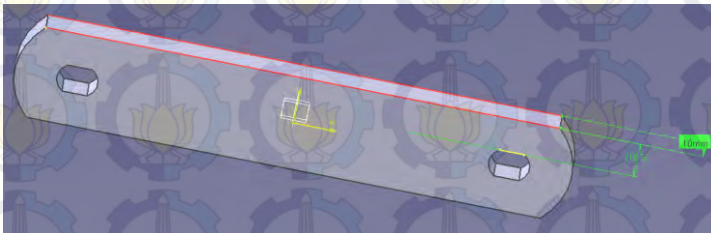
Dari perhitungan secara teoritis tersebut didapatkan tegangan maksimal untuk setiap rantai adalah 16792.9 N yang tidak melebihi kekuatan rantai *bucket elevator* sebesar 387.5 kN. Kerusakan secara *overload* pada saat operasional tidak terjadi pada *link* rantai *bucket elevator*.

Perhitungan distribusi tegangan pada *link* rantai luar dan dalam diketahui dalam gambar 4.4 dan 4.5.

- Luas melintang *link* rantai luar:  
 $A_1 = 18.5 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} = 185 \text{ mm}^2$
- Luas melintang *link* rantai dalam:  
 $A_2 = 11.75 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} = 117.5 \text{ mm}^2$



Gambar 4.4 Gambar ukuran melintang *link* dalam



Gambar 4.5 Gambar ukuran melintang *link* luar

Perhitungan distribusi tegangan pada *link* rantai luar (*outer link*) :



$$\sigma = \frac{S_{max}}{4. A1}$$

$$\sigma = \frac{33585.8}{4.185} = 45.38 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan distribusi tegangan pada *link* rantai dalam (roller *link*):

$$\sigma = \frac{S_{max}}{4. A2}$$

$$\sigma = \frac{33585.8}{4.117.5} = 71.45 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan secara teoritis didapatkan yang diterima oleh *link* rantai luar sebesar 45.85 N/mm<sup>2</sup> dan *link* rantai dalam sebesar 72.36 N/mm<sup>2</sup>. Karena kekuatan yang diterima oleh *link* rantai dalam lebih besar dari *link* rantai luar yang mengindikasikan kerusakan yang terjadi pada *link* rantai dalam. Dari literatur yang didapatkan material scm 4<sup>[16]</sup>/AISI 4137<sup>[15]</sup> mempunyai nilai properties sebagai berikut:

*Yield strength* : 415 Mpa = 415 N/mm<sup>2</sup>

*Ultimate strength* : 520 Mpa = 520 N/mm<sup>2</sup>

Nilai tersebut membuktikan bahwa kekuatan material yang diizinkan berada jauh diatas tegangan yang diterima sehingga berada pada kondisi yang aman dan tidak mengindikasikan terjadinya *overload*.

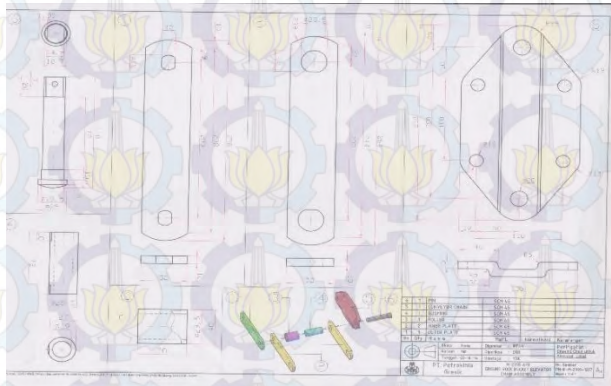
#### 4.2.2 Fatigue

*Fatigue* atau kelelahan adalah bentuk dari kegagalan yang terjadi pada struktur karena beban dinamik yang berfluktuasi dibawah *yield strength* yang terjadi dalam kurun waktu yang lama dan berulang ulang. Terdapat 3 *fase* dalam kelelahan yaitu permulaan retak, penyebaran retak dan patah<sup>[6]</sup>. Untuk pengujian dalam penelitian ini menggunakan metode elemen hingga dengan menggunakan simulasi Ansys. Langkah langkah Simulasi akan dijelaskan lengkap dalam sub-bab ini.



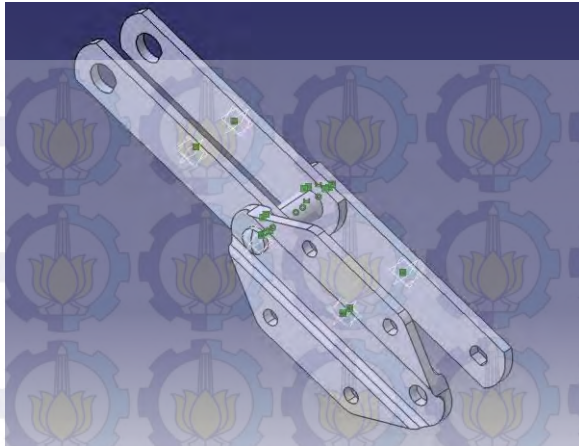
#### 4.2.2.1 Proses Pencarian Tegangan Maksimal dengan Simulasi

Selain dilakukan perhitungan secara teoritis, untuk menentukan kerusakan yang terjadi pada rantai *bucket elevator* yang disebabkan oleh *overload* juga dilakukan Simulasi menggunakan bantuan *software* Ansys. *Link* rantai luar dan dalam dimodelkan dengan menggunakan *software* catia, kemudian dianalisa menggunakan *software* Ansys. Pemodelan dapat dilakukan setelah didapatkan gambar teknik dari *link* rantai *bucket elevator* dari pabrik PA. gambar teknik tersebut ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Gambar teknik rantai *bucket elevator*

Hasil pemodelan menggunakan catia ditunjukkan pada gambar 4.7 merupakan 1 rangkaian rantai yang sudah di *assembly*.

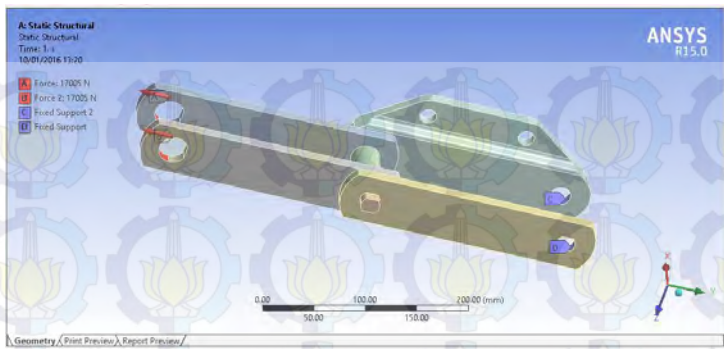


Gambar 4.7 Gamabar 3D rantai yang sudah di *assembly*

Model tersebut dimodelkan dilakukan input model kedalam *software* Ansys untuk diberikan gaya gaya yang bekerja pada model.

#### 4.2.2.2 Kondisi Batas

*Link* yang sudah di *assembly* secara skematis ditunjukan pada gambar 4.8. Rantai tersebut digambarkan pembebanan dan kondisi batas rantai *bucket elevator* yang akan disimulasikan di model elemen hingga. *Link* yang sudah di *assembly* menjadi satu rantai diberikan gaya gaya yang disimbolkan dengan A dan B sebesar 8396.45 N. Penempatan gaya berada pada kontak antara *link* dalam rantai dengan *bushing* untuk mensimulasikan tarikan gaya yang bekerja pada rantai. Kondisi batas disimbolkan dengan huruf C dan D. Kondisi batas C dan D merupakan *fixed support*, yaitu kondisi batas untuk permukaan rata. Pemberian kondisi batas merupakan titik kontak antara *link* luar dengan *pen* rantai *bucket*.





Gambar 4.8 Penentuan pembebanan dan kondisi batas untuk simulasi

#### 4.2.2.3 Sifat Material

Pada baja karbon terdapat enam sifat yang diperlukan untuk analisa yaitu massa jenis, *compressive yield strength*, *tensile yield strength*, *tensile ultimate strength*, *isentropic elasticity* dan umur siklus tegangan. Umur siklus tegangan ditunjukkan oleh tabel 4.1. Untuk massa jenis, *compressive yield strength*, *tensile yield strength*, *ultimate tensile strength* dan *isentropic elasticity* dari sumber internet dan untuk umur siklus tegangan didapatkan dari *library* Ansys<sup>[15]</sup>. Material yang digunakan sebagai acuan adalah SCM 4/AISI 4137 yang merupakan material untuk rantai lokal magma.

Tabel 4.1 Tabel siklus tegangan baja karbon



	B	C
1	Cycles 	Alternating Stress (MPa) 
2	10	3999
3	20	2827
4	50	1896
5	100	1413
6	200	1069
7	2000	441
8	10000	262
9	20000	214
10	1E+05	138
11	2E+05	114
12	1E+06	86.2

#### 4.2.2.4 Meshing

*Meshing* untuk rantai yang sudah di *assembly* ditunjukan oleh gambar 4.9 dengan *mesh* berupa segitiga dengan ukuran elemen 2 mm menghasilkan *mesh* dengan jumlah *nodes* 550239 dan jumlah *elements* 355782.



Gambar 4.9 *Meshing* rantai pada *software* Ansys



#### 4.2.2.5 Hasil Simulasi

Pada Simulasi ini ditampilkan hasil analisis aplikasi FEM meliputi: tegangan statik, regangan, umur tegangan lelah, tegangan lelah dan tempat terjadinya awal kegagalan.

Tegangan dan regangan ditampilkan untuk mengetahui seberapa besar tegangan statik dan regangan statik yang terjadi pada *link* luar rantai, *link* dalam rantai dan rantai yang sudah di *assembly* menjadi satu. Nilai tersebut yang akan digunakan untuk menentukan apakah besar tegangan dan regangan masih dalam batas dari kekuatan material yang ada.

Umur tegangan telah ditampilkan dalam bentuk siklus putaran (*cycle*) agar mempermudah pengonversian kedalam satuan waktu seperti satuan detik, menit, jam, hari ataupun tahun.

Tegangan lelah lokal merupakan salah satu output yang ingin dicapai dari analisis ini karena dengan diketahui besaran tersebut maka dapat ditentukan jumlah siklus patahan lelah yang terjadi pada *link* luar, *link* dalam dan rantai yang sudah di *assembly*.

Tempat kerusakan lokal distribusi damage value merupakan salah satu indikator tambahan untuk melihat tempat awalnya crack pada patah lelah atau *crack initiation*. *Crack initiation* umumnya terjadi pada daerah yang memiliki nilai tegangan yang paling besar.

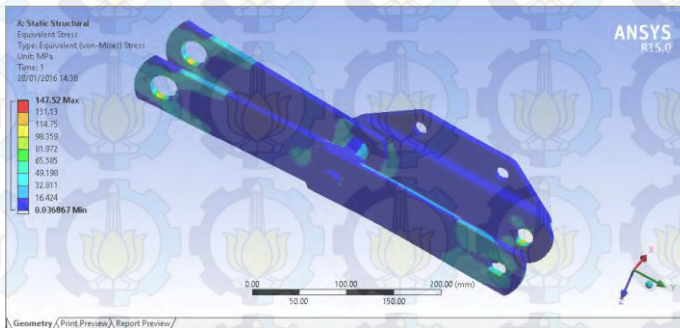
#### 4.2.2.6 Hubungan Regangan Tegangan

Tegangan dan regangan yang ditampilkan dalam Simulasi ini bukan merupakan tegangan yang terjadi pada sumbu utama melainkan tegangan dan regangan equivalen, yaitu tegangan dan regangan yang dihasilkan dari konsep von-misses sebagaimana yang dirumuskan dalam persamaan 4.1<sup>[14]</sup>.

$$\sigma = \left[ \frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (4.1)$$

Konsep von-mises digunakan karena dapat menampilkan output secara keseluruhan dari tegangan dan regangan karena melibatkan semua tegangan dan regangan yang utama.

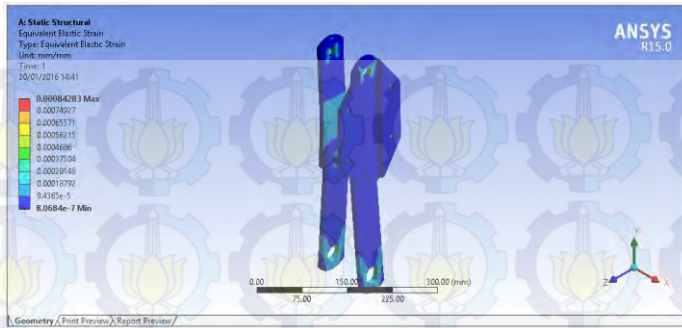
Hasil distribusi tegangan *equivalent* von-mises pada rantai *bucket elevator* ditunjukkan pada gambar 4.10 dan 4.11. Untuk distribusi regangan von-mises ditunjukkan oleh gambar 4.12. Untuk deformasi total yang terjadi pada rantai ditunjukkan pada gambar 4.13.



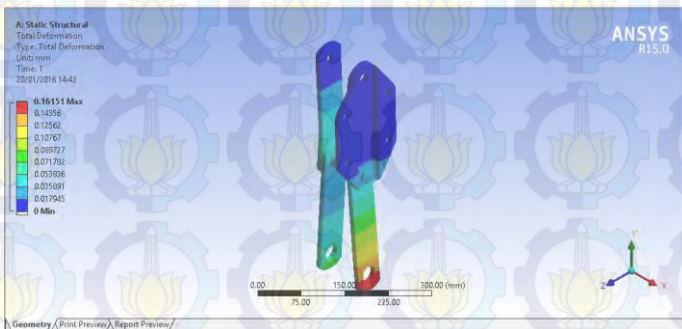
Gambar 4.10 *Equivalent stress* pada rantai



Gambar 4.11 *Equivalent stress* dilihat dari sumbu z



Gambar 4.12 *Equivalent strain* pada rantai

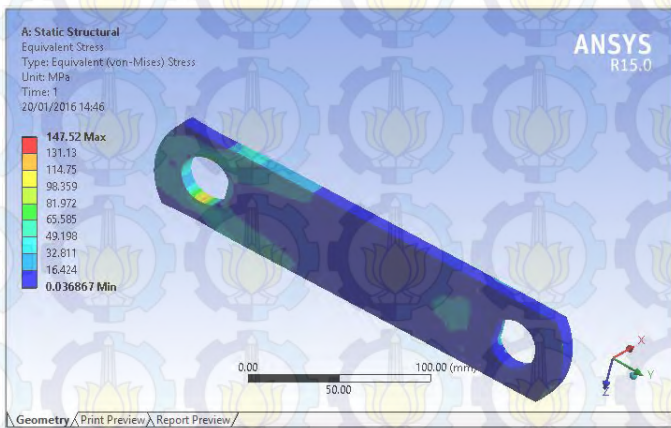


Gambar 4.13 Deformasi total pada rantai akibat pemberian beban

Tegangan *equivalent* terbesar terjadi pada lubang tempat *bushing* berada untuk *link* dalam rantai dan lubang tempat *pin* untuk *link* luar rantai. Tegangan lokal terbesar adalah 147.52 Mpa yang ditunjukkan oleh warna merah. Nilai tegangan terbesar masih berada jauh di bawah yield strength dari SCM 4/AISI 4137 sehingga kegagalan karena *overload* tidak terjadi. Nilai maksimum untuk regangan lokal adalah 0.000842 mm atau sama dengan 0.0842%. Deformasi maksimum yang terjadi maksimal sebesar 16.151 mm. Selain mengalami tarikan ke arah y, *link* juga mengalami bending ke arah sumbu x. Untuk mengetahui pengaruh pembebanan pada setiap part yang menyusun rantai dapat ditunjukkan dengan menggunakan fitur *show and hide other body*

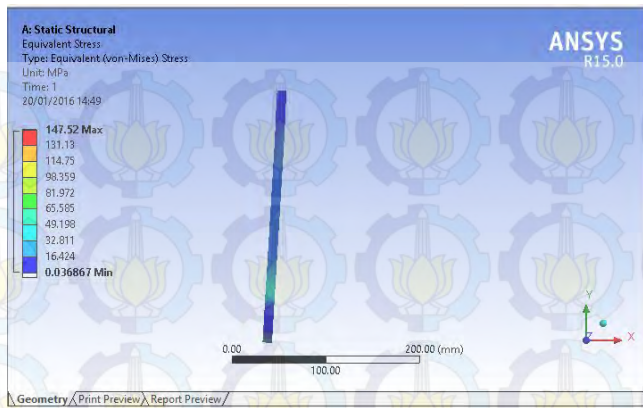


pada Ansys. Pengaruh pembebanan terhadap *link* dalam ditunjukkan oleh gambar 4.14 dan 4.15. Tegangan lokal terbesar pada *link* dalam terletak pada lubang *bushing* berada. Hal tersebut mengindikasikan jika terjadi patah/crack akan dimulai dari daerah tersebut. *Link* dalam mengalami pergeseran ke arah sumbu x pada daerah yang diberikan gaya tarik. Deformasi dikarenakan bending ke arah sumbu x dikarenakan tidak ada *pen* yang menghubungkan antara dua *link* dalam.



Gambar 4.14 Pengaruh pembebanan pada *link* dalam tampak isometris





Gambar 4.15 Pengaruh pembebanan pada *link* dalam tampak dari sumbu Z

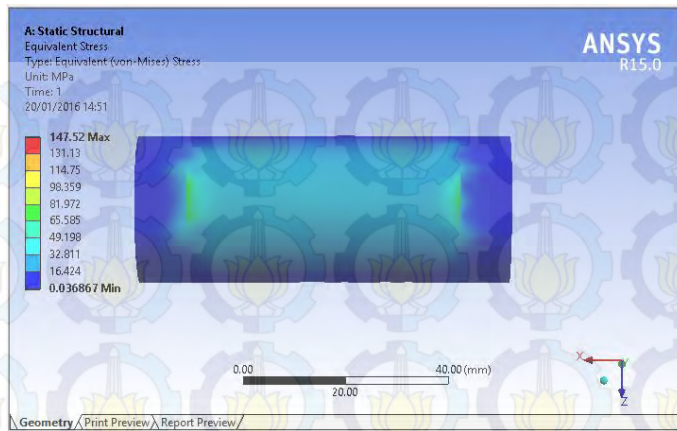
Hasil pengaruh pembebanan pada rantai terhadap *bushing* dapat dilihat pada gambar 4.16 dan 4.17. Tegangan lokal terbesar pada *bushing* terletak pada daerah kontak *bushing* dengan sisi samping *link* dalam. Tegangan *equivalent* von-misses paling besar yang bekerja pada *bushing* ditunjukkan dengan warna hijau daun yaitu berkisar antara  $\sigma = 98.359$  Mpa. Pada gambar 4.17 *bushing* mengalami bending berlawanan dengan sumbu y. Jika daerah tersebut mengalami kegagalan maka *link* dalam akan menjadi satu. Tegangan terbesar yang bekerja pada *bushing* dapat diketahui sehingga dapat ditentukan besar gaya yang bekerja pada *bushing*.

Luas penampang dari *bushing* adalah:

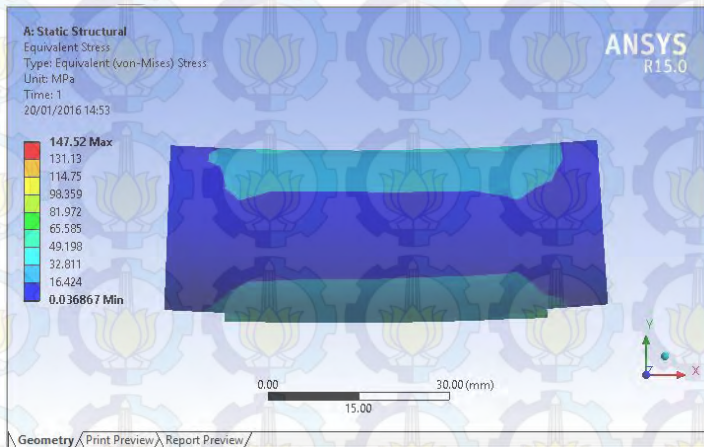
$$A = 28.5 \times 72 = 2052 \text{ mm}^2 = 0.002052 \text{ m}^2$$

besar gaya yang bekerja dapat dicari dengan :

$$F = \sigma \times A = 98359 \text{ pa} \times 0.002052 \text{ m}^2 = 201.83 \text{ N}$$



Gambar 4.16 Pengaruh pembebanan rantai terhadap *bushing*



Gambar 4.17 Pengaruh pembebanan rantai terhadap *bushing* dilihat dari sumbu z

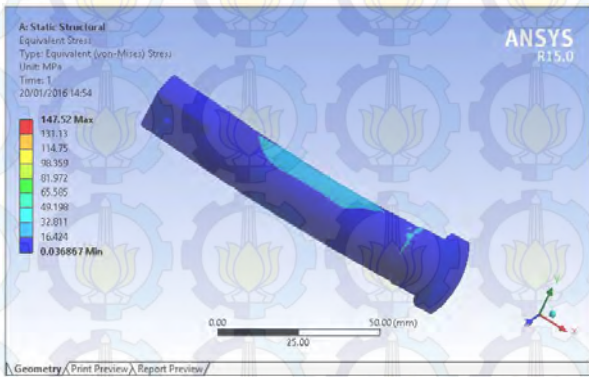
Hasil pengaruh pembebanan terhadap *pen* rantai dapat dilihat pada gambar 4.18 dan 4.19. Tegangan lokal terbesar terjadi pada daerah *pen* yang kontak dengan *link* luar dan *link bucket*. Besarnya tegangan equivalen von-misses dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4.1 dengan besar  $\sigma = 81.97$  Mpa.

Dengan tegangan terbesar berada pada daerah pengecilan *pen* dari diameter lubang *link bucket* mengecil dengan ukuran diameter dalam *bushing*. Perhitungan besarnya gaya yang bekerja pada *pen* dapat dicari sebagai berikut:

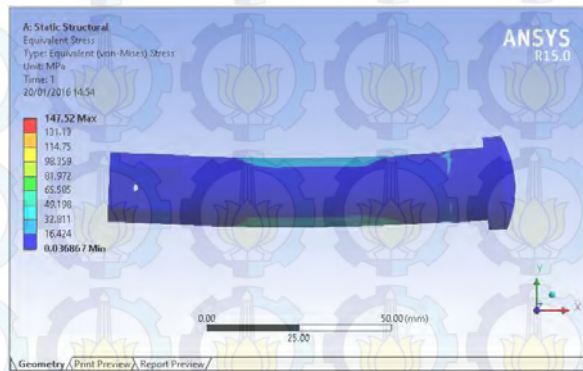
Luas penampang *pen*

$$A = (25 \times 5) + (19.5 \times 10) + (18.7 \times 92) = 2040.4 \text{ mm}^2 = 0.0020404 \text{ m}^2$$

$$F = \sigma \times A = 81970 \times 0.0020404 = 167.25 \text{ N}$$



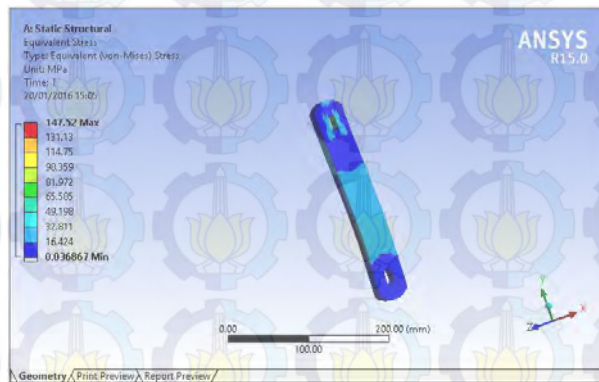
Gambar 4.18 Pengaruh pembebanan pada rantai terhadap *pen*



Gambar 4.19 Pengaruh pembebanan rantai terhadap *pen* dilihat dari sumbu z

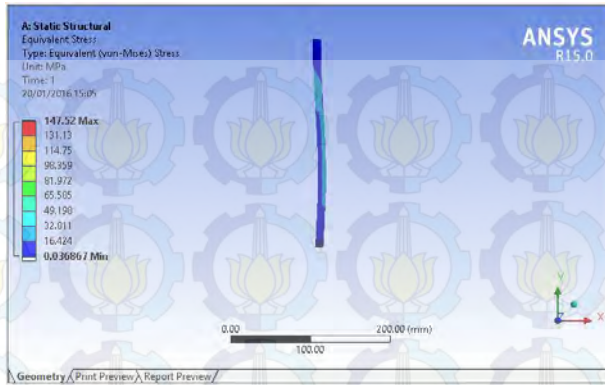


Hasil pengaruh pembebanan pada *link* luar rantai dapat dilihat pada gambar 4.20 dan 4.21. Tegangan lokal terbesar pada *link* luar terjadi pada lubang tempat *pen* berada. Tegangan lokal terbesar berada pada pergantian antara daeran rata dengan daerah silinder. Tegangan lokal terbesar pada *link* luar masih lebih kecil dari tegangan lokal terbesar pada *link* dalam. Regangan *equivalent* von mises sebesar  $\sigma = 147.52$  Mpa. Hal ini menunjukkan kesesuaian dengan hasil perhitungan secara teoritis bahwa tegangan terbesar berada pada *link* dalam. Hal tersebut mengindikasikan bahwa patah atau kegagalan yang mungkin terjadi berada pada *link* dalam pada rantai *bucket elevator*. Setelah dilakukan simulasi *link* luar mengalami bending searah sumbu x, hal tersebut terjadi karena ada bending pada *link* dalam yang kontak dengan *pen* luar ini mengalami deformasi kearah -x. sehingga *pen* luar mengalami bending dan bengkok kearah *link* *bucket*, karena pada sisi yang tidak kontak dengan *link* luar diberikan kondisi batas berupa *fixed support*.



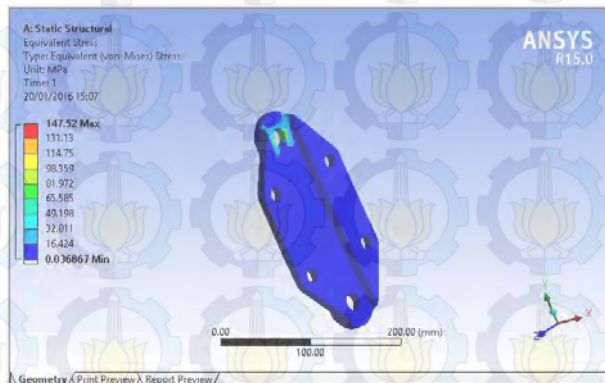
Gambar 4.20 Pengaruh pembebanan rantai terhadap *link* luar



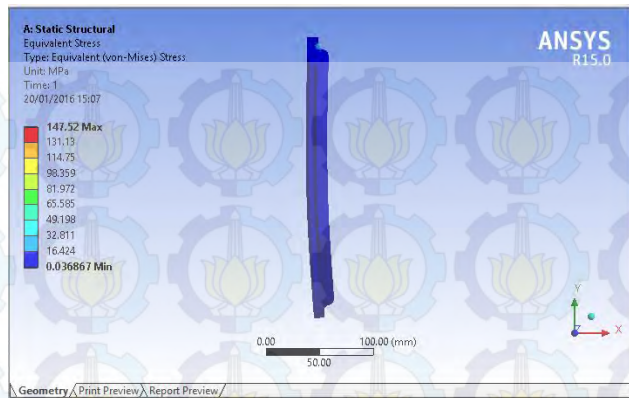


Gambar 4.21 Pengaruh pembebanan rantai terhadap *link* luar dilihat dari sumbu z

Hasil pengaruh pembebanan terhadap *link bucket* dapat dilihat pada gambar 4.22 dan 4.23. Tegangan lokal terbesar berada pada lubang tempat *pen* berada. Tegangan terbesar ditunjukkan dengan warna merah sebesar 298.77 Mpa. *Link bucket* juga mengalami deformasi akibat *link* dalam setelah diberikan gaya mengalami pergeseran searah sumbu x sehingga mempengaruhi *link bucket*.



Gambar 4.22 Pengaruh pembebanan rantai terhadap *link bucket*



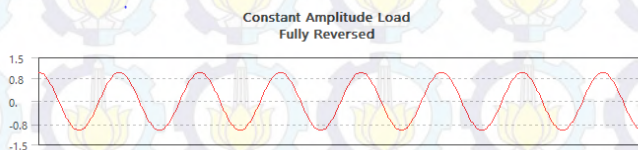
Gambar 4.23 Pengaruh pembebanan rantai terhadap *link bucket* dilihat dari sumbu z

#### 4.2.2.7 Penentuan Tegangan Lelah

Konfigurasi pembebanan pada Simulasi tegangan lelah ini menggunakan fully Reversed dengan amplitudo konstan yang ditunjukkan oleh gambar 4.24. Saat beban mengenai rantai maka gaya fluktuasi maksimum yang diterima adalah gaya maksimum beban yang menarik rantai sebesar 8396.45 N hingga berdeformasi sedangkan gaya fluktuasi minimum dapat dianggap nol karena rantai akan kembali kebentuknya yang semula. Hal ini sesuai dengan persamaan<sup>[12]</sup> :

$$F(t) = -F_0 \sin(\omega t + \phi) = -8396.45 \sin(\omega t + \phi) \dots \dots \dots (4.2)$$

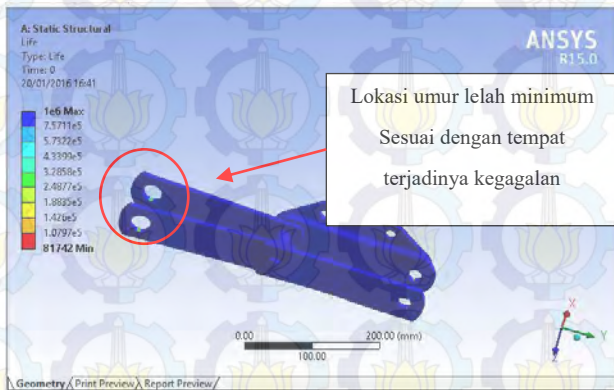
dengan demikian amplitudo yang terjadi pada siklus pembebanan ini dapat dianggap konstan.



Gambar 4.24 Contoh pembebanan dengan amplitudo konstan

#### 4.2.2.8 Umur Tegangan Lelah

Distribusi umur tegangan lelah minimum yang diperoleh dengan analisis elemen hingga pada rantai *bucket elevator* ini sebesar 81742 *cycle* yang ditunjukkan oleh gambar 4.25. Pada gambar 4.25 dapat dilihat distribusi umur lelah minimum ditandai oleh warna merah, dimana lokasi umur lelah minimum pada rantai *bucket elevator* berada sesuai dengan tempat terjadinya regangan maksimum pada gambar 4.10 s.d 4.23.



Gambar 4.25 Hasil *fatigue simulation* dengan Ansys

Untuk membandingkan dengan keadaan nyata dilapangan maka siklus umur tegangan lelah dikonversikan kedalam satuan waktu seperti hari. Waktu satu siklus adalah satu kali rantai berputar dari sproket satu ke sproket yang lain dengan asumsi perhitungan satu cycle:

Jara yang ditempuh satu link rantai :  $31.3 \times 2 = 62.6 \text{ m}$

Watu 1 cycle =  $62.6 \text{ m} / 1500 \text{ m/jam} = 0.0417 \text{ jam}$

$Life = \left( \frac{0.0417 \text{ jam}}{1 \text{ cycle}} \right) \times 81742 \text{ cycle} = 3408.6 \text{ jam} = 142 \text{ hari}$

Hasil simulasi dengan software Ansys didapatkan umur rantai terhadap tengangan lelah sebesar 142 hari. Umur rantai yang sebenarnya didapatkan dari kartu sejarah yang dibuat oleh PT. Petrokimia Gresik sebesar 118 hari. Umur rantai hasil



simulasi dan sebenarnya didapatkan selisih sebesar 24 hari. Kerusakan yang terjadi pada rantai bucket elevator pada pabrik phosphoric acid PT. Petrokimia Gresik diakibatkan karena fatigue. Error relative yang didapatkan dari perhitungan dan umur sebenarnya sebesar<sup>[14]</sup>:

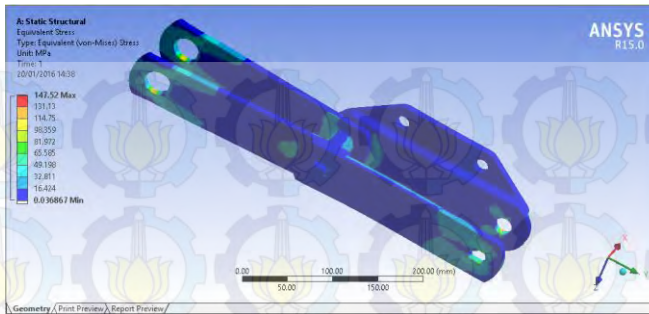
$$e = \left| \frac{142-118}{142} \right| = 20.3 \% \dots\dots\dots (4.3)$$

Error yang terjadi dikarenakan bedanya hubungan konstitutif tegangan regangan dengan kurva SN yang dijadikan input untuk analisis elemen hingga. Untuk input hasil yang lebih baik perlu dilakukan pengujian fatigue dengan material rantai yang sebenarnya. (hasil simulasi lengkap pada lampiran 2)

#### 4.2.2.9 Tegangan Lelah Lokal

Tegangan lokal maksimum (maximum lokal stress) merupakan salah satu kuantitas yang ingin dicari dari penelitian tugas akhir ini. Tegangan lokal yang dimaksud adalah tegangan lelah biasa yang disebut dengan *equivalent alternating stress*. Dengan analisis elemen hingga didapat tegangan lelah maksimum yang terjadi pada rantai *bucket elevator* berkisar antara 131.13 s.d 147.52 Mpa untuk asumsi beban fluktuasi  $F(t) = -F_0 \sin(\omega t + \phi) = -8396.45 \sin(\omega t + \phi)$  dimana distribusi lokal terbesar tegangan lelah terletak pada lubang *bushing* yang terdapat pada *link* dalam rantai yang terlihat pada gambar 4.26 yang ditandai dengan warna merah.





Gambar 4.26 Letak tegangan lokal terbesar pada rantai setelah pembebanan

Kedadaan tersebut sesuai dengan lokasi kegagalan yang terjadi pada rantai pada keadaan nyata yang ditunjukkan pada gambar 4.27. Hasil simulasi secara lengkap dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4.27 Lokasi kegagalan pada rantai yang sebenarnya

### 4.2.3 Misalignment

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan oleh pihak perawatan PT. Petrokimia Gresik terjadi *misalignment* antara head sprocket dan tail sprocket yang tidak center sehingga *link* akan terhambat (antara *link* kanan dan kiri tidak berjalan seirama). Contoh ketidaksejajaran antar sprocket ditunjukkan pada gambar 4.28.

Gambar 4.29 Gambar teknik dari *bucket*

Terjadi ketidaksejajaran antara lubang baut yang terdapat pada *bucket* dengan lubang baut yang terdapat pada *link* rantai untuk *bucket*. Hal tersebut dapat terlihat ketika *bucket* dimodelkan menjadi gambar 3d dengan menggunakan ukuran dari gambar teknik *bucket* yang diberikan oleh PT. Petrokimia Gresik. Ketidaksejajaran terjadi karena adanya pembulatan dimensi gambar teknik dari *bucket*. Gambar teknik dari *bucket* ditunjukkan oleh gambar 4.29. Model 3d dengan menggunakan bantuan *software* catia ditunjukkan pada gambar 4.30. Untuk dimensi lubang baut pada *link* ditunjukkan pada gambar 4.31.

Gambar 4.31 Gambar teknik dari *link bucket*



Ketidaksejajaran lubang baut tersebut kurang dari 1mm

sehingga pada keadaan nyata *bucket* masih bias dipasang pada rantai, tetapi menimbulkan tegangan pada rantai walaupun belum dilakukan pembebanan baik pembebanan oleh tarikan sprocket maupun pembebanan oleh *pengangkutan* material phosphate rock. Tarikkan pada rantai karena ketidaksejajaran ini yang mengakibatkan rantai melintir atau twist. Twist terjadi karena adanya kesalahan fabrikasi. *Pengujian* twist dilakukan oleh



mekanik dengan melakukan *assembly* rantai tanpa *bucket* dan tidak ditemukan kejanggalan. Setelah dilakukan *assembly* dengan *bucket* ke *link* terjadi kejanggalan antara *pen* sisi kiri dan sisi kanan tidak center dengan *bucket* dan *bucket* tetap dipasang oleh operator. Sehingga kesalahan fabrikasi *bucket* yang menyebabkan terjadinya twist pada rantai.

#### 4.2.4 Shockload

*Shockload* terjadi karena *bucket* mengalami tumbukan dengan fosfat rock yang tertimbun di area bawah *bucket elevator*. Timbunan fosfat rock terjadi dikarenakan proses feeding fosfat rock tidak stabil yang mengakibatkan material fosfat rock keluar dari *bucket* dan tertimbun dibawah *bucket elevator*. *Shockload* ini mengakibatkan *pen* mengalami putus.

#### 4.2.5 Kesalahan Fabrikasi

Kesalahan yang terjadi dikarenakan adanya kesalahan dalam pembuatan peralatan baik secara design, pembuatan atau manufaktur dan pemasangan atau *assembly*. Kasus yang terjadi pada *bucket elevator* di pabrik PA di PT. Petrokimia Gresik merupakan kesalahan design *bucket*. Pihak tsubaki sebagai pembuat dari rantai asli *bucket elevator* tidak memproduksi *bucket* sehingga PT. Petrokimia Gresik membuat sendiri *bucket* yang akan dipasang pada rantai. Kesalahan terjadi saat pembuatan gambar teknik dari *bucket elevator*. Pihak pabrik PA membuat gambar teknik dengan menggunakan pembulatan saat membuat posisi lubang baut pada *bucket*.

#### 4.3 Diskusi Hasil Analisa

1. Perhitungan secara analitis gaya yang bekerja pada rantai masih jauh dibawah yield strength material untuk rantai magma yaitu SCM 4/ AISI 4137. Hasil tersebut mengindikasikan failure tidak terjadi karena rantai mengalami overload. Hasil perhitungan tegangan pada rantai meunjukkan tegangan pada rantai dalam lebih besar dibandingkan dengan tegangan yang diterima rantai luar.



Sehingga kerusakan pada rantai selalu diawali dari kerusakan yang terjadi dibagian *link* rantai dalam.

2. Chain mengalami beban dinamik yang berfluktuasi dibawah yield strength yang terjadi dalam waktu yang lama dan berulang ulang atau terkena beban fatigue. Untuk mengetahui unur rantai terhadap pembebanan fatigue dilakukan simulasi dengan menggunakan *software* Ansys. Dari hasil simulasi tersebut didapatkan rantai dengan pembebanan sebesar 8396.45 N akan bertahan selama 81742 *cycle*, dengan estimasi 1 *cycle* selama 0.0417 jam, sehingga didapatkan umur rantai terhadap pembebanan fatigue dalam satuan jam.
3. Tegangan terbesar yang diterima oleh setiap *link* penyusun rantai yang disebabkan oleh pembebanan pada rantai terletak pada lubang untuk *bushing* pada *link* dalam rantai. Daerah yang mengalami tegangan terbesar merupakan bagian yang mengalami failure/patah pada rantai yang digunakan oleh pabrik PA. Posisi tegangan terbesar pada hasil simulasi berada pada *link* dalam, hal ini sudah sesuai dengan perhitungan secara teoritis.
4. Terjadi misalignment antara head sprocket dan tail sprocket yang tidak center dan mengakibatkan *link* kanan dan kiri berjalan tidak seirama. Misalignment juga terjadi pada posisi lubang baut pada *bucket elevator* dan lubang baut pada *link bucket* pada rantai. Misalignment tersebut mengakibatkan terjadinya twist pada rantai *bucket elevator*. Misalignment antar sprocket dan twist yang terjadi dapat menambah tegangan yang bekerja pada rantai sehingga dapat menambah kemungkina terjadi kegagalan pada rantai.
5. Solusi yang dapat diberikan antara lain:
  - Menambahkan dimensi pada daerah yang mengalami tegangan paling besar dengan mengubah bentuk *link* menjadi bentuk ‘kulit kacang’ sehingga dapat dilakukan optimasi besar dimensi yang menerima gaya paling

besar tanpa mengubah panjang total *link* dan lokasi lubang busung berada.

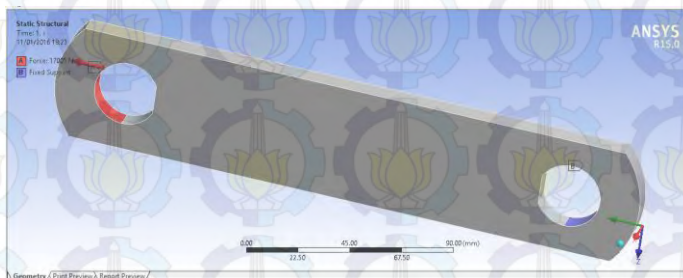
- Memilih material yang lebih tangguh terhadap pembebanan *fatigue* dan dapat dilakukan heat treatment pada material ranta sehingga tahan terhadap pembebanan *fatigue*.

#### 4.4 Redesain *Link* Dalam

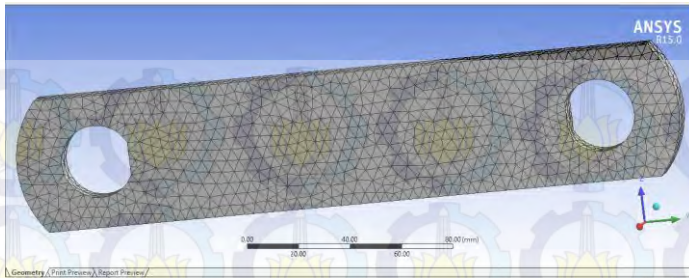
Untuk mendapatkan desain *link* dalam yang baru dilakukan simulasi *fatigue* test untuk *link* dalam dengan perubahan bentuk *link* menjadi bentuk ‘kulit kacang’ sehingga besar konsentrasi tegangan dapat diperkecil.

##### 4.4.1 Simulasi *Link* Dalam yang Asli

*Link* dalam diberikan kondisi batas seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4.32. *Link* dalam diberikan gaya sebesar 8396.45 N yang disimbolkan dengan huruf A sedangkan kondisi batas disimbolkan dengan huruf B. Kondisi batas yang diberikan adalah fixed support. *Meshing* untuk rantai ditunjukkan pada gambar 4.33. *Mesh* yang diberikan berupa segitiga dengan jumlah 17378 nodes dan 10155 element. *Link* dalam disimulasikan untuk mendapatkan tegangan maksimal yang diterima rantai dan umur *link* dalam terhadap pembebanan tegangan lelah/*fatigue* test.

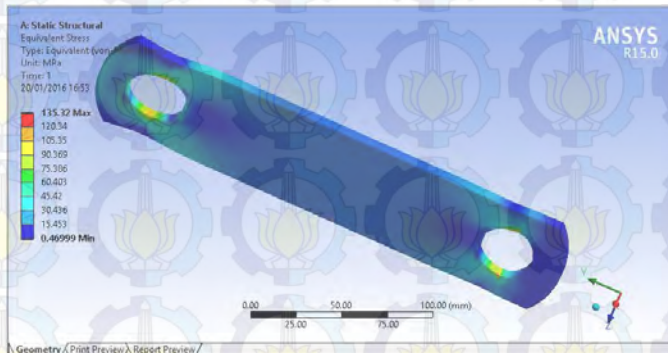


Gambar 4.32 Penentuan pembebanan dan kondisi batas pada *link* dalam



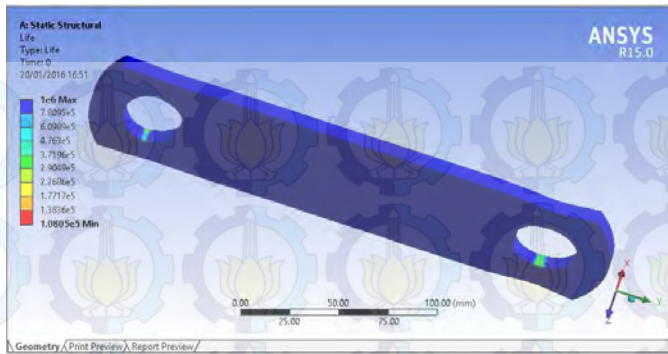
Gambar 4.33 Meshing rantai pada software Ansys

Hasil simulasi untuk tegangan lokal maksimal ditunjukkan pada gambar 4.34. Tegangan lokal von-mises terbesar yang terjadi ditunjukkan dengan warna merah sebesar 135.32 Mpa. Lokasi tegangan terbesar berada pada lubang tempat *bushing* berada. *Link* dalam mengalami deformasi terbesar pada lokasi yang sama. Deformasi yang terjadi dapat dilihat berupa pengecilan dimensi, jika tegangan yang diterima melebihi ultimate tensile stress maka pada posisi tersebut akan patah. Untuk umur *link* dalam terhadap tegangan lelah ditunjukkan pada gambar 4.35. Umur minimum *link* dalam terhadap tegangan lelah sebesar 108050 *cycle*. (Hasil simulasi lengkap pada lampiran 3).



Gambar 4.34 Equivalent stress pada link dalam



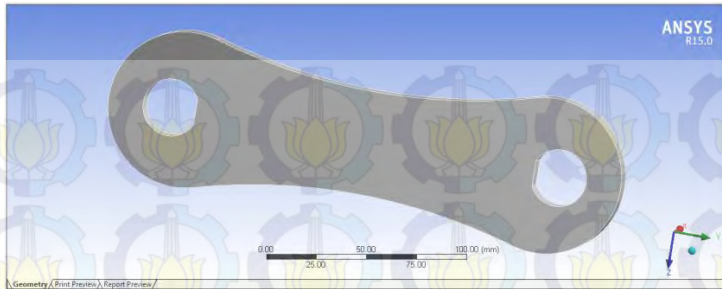


Gambar 4.35 Hasil *fatigue test* pada *link* dengan *software* Ansys

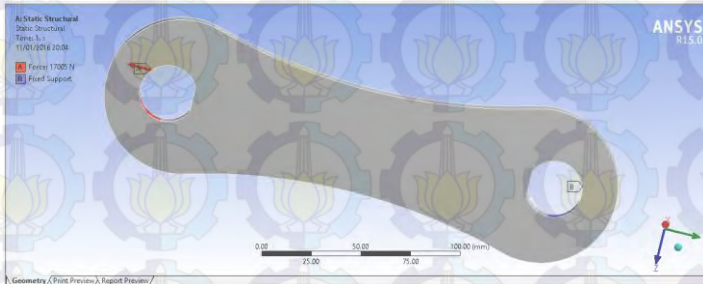
#### 4.4.1 *Link* Dalam yang Baru

*Link* dalam yang telah dilakukan desain ulang ditunjukkan pada gambar 4.36. *Link* didesain menyerupai kulit ayam untuk mengurangi tegangan yang diterima rantai karena adanya lubang *bushing*. *Link* dalam yang baru disimulasikan dengan menggunakan *software* Ansys. Kondisi batas dan pembebanan yang diberikan pada *link* dalam ditunjukkan pada gambar 4.37. Beban yang diberikan pada *link* dalam yang baru sama dengan *link* dalam lama sebesar 8396.45 yang disimbolkan dengan huruf A. Kondisi batas disimbolkan dengan huruf B. Kondisi batas yang diberikan berupa fixed support. *Meshing* untuk *link* dalam yang baru ditunjukkan dengan gambar 4.38. *Meshing* berupa segitiga dengan jumlah nodes 19536 dan 11524 element. *Link* disimulasikan untuk mendapatkan tegangan maksimal yang diterima oleh *link* dikarenakan adanya lubang *bushing*.

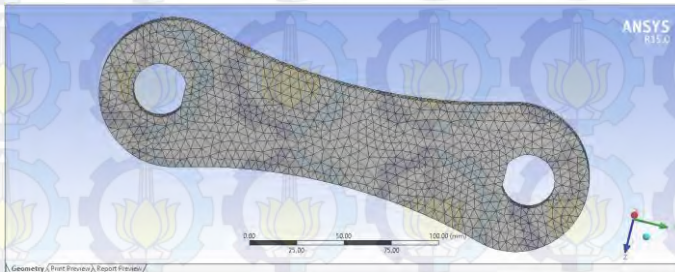




Gambar 4.36 Desain baru *link* dalam



Gambar 4.37 Penentuan pembebanan dan kondisi batas pada *link* baru

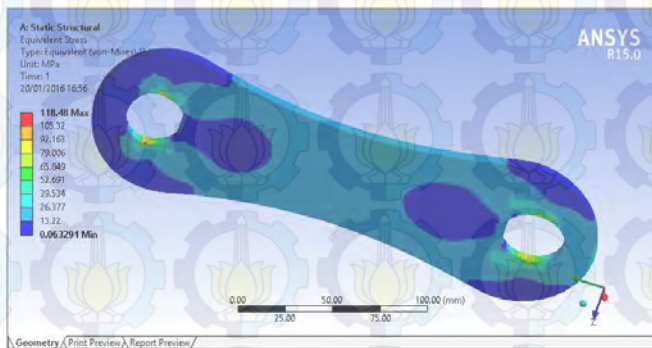


Gambar 4.38 *Meshing link* baru dalam *software* Ansys

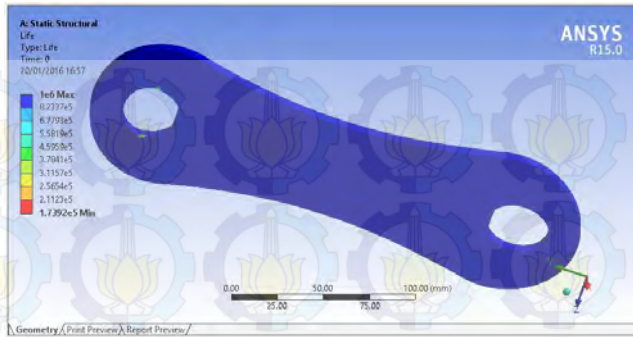
Hasil simulasi untuk tegangan lokal maksimal ditunjukkan oleh gambar 4.39. Tegangan lokal terbesar ditunjukkan dengan warna merah sebesar 118.48 Mpa. Dengan adanya perubahan

bentuk *link* dalam menjadi bentuk kacang didapatkan penurunan tegangan lokal sebesar 16.84 Mpa. Penurunan tegangan maksimum sebesar 12.7 % dari *link* dalam desain yang lama. Lokasi tegangan lokal terbesar masih sama berada pada area yang sama dengan *link* dalam yang lama. Tetapi deformasi yang terjadi berpindah ke daerah yang terkena gaya. Hasil simulasi *link* terhadap pembebanan berupa tegangan lelah ditunjukkan oleh gambar 4.37. Umur minimum *link* baru terhadap pemberian tegangan lelah sebesar 173920 *cycle*. Terjadi kenaikan umur rantai dalam sebesar 65870 *cycle*. (Hasil simulasi lengkap pada lampiran 4).

$$Life = \left( \frac{0.0417 \text{ jam}}{1 \text{ cycle}} \right) \times 65870 \text{ cycle} = 2746.7 \text{ jam} = 114 \text{ hari}$$



Gambar 4.39 *Equivalent stress* pada *link* baru



Gambar 4.40 Hasil *fatigue test* link baru dengan *software* Ansys

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil investigasi kerusakan rantai di *bucket elevator* pabrik *phosphoric acid* di PT. Petrokimia Gresik yang berdasarkan analisa dan simulasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan secara analitis gaya yang bekerja pada rantai *bucket elevator* sebesar 33585.5 N. Besar gaya yang bekerja pada rantai masih berada dibawah batas tegangan minmal yang dapat diterima oleh rantai sebesar 39500 kg. Kondisi operasional yang sesungguhnya tidak terjadi overload.
2. Tegangan local terbesar yang diterima rantai secara simulasi sebesar 147.52 Mpa yang berlokasi pada link dalam rantai.
3. Hasil simulasi *fatigue test* menunjukan hasil bahwa rantai bisa bertahan dalam pembebanan *fatigue* selama 81742 *cycle* yang dikonversi kedalam satuan hari menjadi 148 hari.
4. Dengan adanya perubahan desain *link* dalam terjadi penurunan tegangan lokal maksimal yang diterima rantai sebesar 16.84 Mpa atau sebesar 11.4 %. Kenaikan umur *link* dalam terhadap beban *fatigue* sebesar 114 hari.
5. Terjadi misalignment pada head sprocket dan tail sprocket yang tidak center sehingga rantai kiri dan kanan tidak berjalan seirama. Pada pemasangan *bucket* dan rantai terjadi misalignment antara lubang baut pada *bucket* dengan lubang baut pada rantai sehingga terjadi twist pada rantai. Twist mengakibatkan tegangan awal pada rantai sebelum diberikan phosphate rock maupun tarikan oleh motor. *Misalignment* pada lubang baut terjadi karena kesalahan dimensi posisi lubang baut pada pembuatan *bucket*.



6. Solusi yang diberikan yaitu dengan redesain rantai dengan menambahkan dimensi pada bagian yang mengalami tegangan yang terbesar. Hasil simulasi tegangan terbesar berada pada lubang *bushing* untuk *link* dalam dan lubang pen untuk *link* luar. Memilih material yang lebih tangguh menerima beban *fatigue*.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan kepada pihak departemen perawatan pabrik *phosphoric acid* PT. Petrokimia Gresik adalah sebagai berikut:

1. Agar tidak terjadi kegagalan karena patah pada posisi lubang *bushing* diperlukan material yang lebih baik dari segi ketangguhannya dengan mempertimbangkan limit stress yang diterima *link*.
2. Rantai dilakukan desain ulang dengan menambahkan dimensi pada daerah lubang *bushing* tanpa merubah posisi lubang *bushing* dan panjang total *link*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1].M.D, Jagtap., Gaikwad B.D., Pawar P.M.2014. *Studi of Roller Conveyor Cahin Strip Under Tensile Loading*. India : International Journal of Mechanical Engineering and Industrial Engineering.
- [2]. Dwi Danuputro, Sebastianus.2015. Investigasi Penyebab Kerusakan Chain Bucket Elevator Pada 7<sup>th</sup> Finish Mill Transport System Area Di Tuban IV PT. Semen Indonesia.Surabaya.Tugas akhir jurusan teknik mesin FTI-ITS.
- [3]. D. Bhoite, Tushar., Prashat M. Pawar., Bhaskar D. Gaikwad.2012. *FEA Based Study of Effect of Radial Variation of Outer Link in A Typical Roller Chain Link Assembly*. India.Departement of mechanical engineering SVERI's College of engineering.
- [4]. Joewono, Ari. Kapasitas dan Daya Pada Conveyor.Surabaya.Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- [5]. Spivakovsky,A., V. Dyachkov. *Conveyor and Related Equipment*.Moscow.Peace Publishers.
- [6]. Lalanne, Christian.2009.*Mechanical Vibration and Shock Analysis second edition – volume 4 : Fatigue Damage*.USA.John Wiley & Sonc, Inc.
- [7]. Lee, Yung – li., Chrysler, Daimler.2005.*Fatigue Testing and Analysis (Theory and Practice)*.UK.Elsevier Inc.
- [6]. Tsubaki. Tsubaki *Large Size Conveyor Chain*.Japan.Tsubakimoto
- [7]. ASM International.2005. Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys. USA. ASM International Handbook Committee.

- [8]. Callister, William D.2007. Material Science and Engineering 7<sup>th</sup>.USA. John Wiley & Sons,Inc.
- [9]. DeGarmo, E Paul.1971. Material and Processes in Manufacturing 3<sup>rd</sup> Edition.London. The Macmillan Company.
- [10]. Moaveni, Saeed.1999. Finite Element Analysis: Theory and Application with Ansys. New Jersey. Prentice-Hall, Inc.
- [11]. Workbech Mechanical Structural Non-Linearis Lybrary published by ansys, Inc. January 2014.
- [12]. Fauzi, Iman.2014. Prediksi Kegagalan Lelah Pada Komponen Karet Rubber Journal Buatan Nasional. Bandung. Departement of Mechanical Engineering.
- [13]. Matweb.2016. AISI 4137 Steel. USA. <http://matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=b9f5c86dc4354e6fa041339280d5e04f&ckck=1>
- [14]. Steelgrade.2016. JIS SCM 4 Steel. 2016. Japan.<http://www.steelgrade.org/Steel-grades/Alloy-steel/jis-scm-4.html>.
- [15]. Supriadi, D.1998. Konsep Pemeliharaan, Kursus Swakelola, Maintenance Departement (Studi kasus : PT. Badak NGL Bontang.
- [16]. Blanchard et.al.1995. *Maintability : A Key To Effective Serviceacility And Maintenance Management*. New York : A willey Interscience Publication.
- [17]. Dhillon, B.S.2007. *Applied Reliability And Quality : Fundamentals, Method And Procedures*.London. Springer.





NOMOR DOKUMEN :

## KARTU SEJARAH

DEPARTEMEN PEMELIHARAAN III

03M.2205

UNIT : Grinding

TANGGAL		Diperiksa	Diperbaiki	Diganti	Dirubah	MATERIAL YANG DIPAKAI	KETERANGAN	DIISI OLEH	
								No Badge	Paraf
1984	START								
26/01/1988	Ganti gearbox unit								
26/03/1988	Back stop aus - Ganti back stop					Back stop 135mm Tsubaki	019707.5		
29/09/1989	Back stop aus - Ganti back stop			v		Back stop 135mm Tsubaki	019707.5		
07/12/1990	Back stop aus - Ganti back stop			v		UCT 315 = 1 set	032371.8		
05/05/1991	Back stop aus - Ganti back stop			v		Bearing23032 CCK (043848.0)	043848.0		
05/04/1992	Ganti bearing bottom UCT 315			v		Adaptor H3032 (043849.2)	043849.2		
08/02/1993	Ganti bearing bottom UCT 315			v					
08/03/1993	Ganti bearing atas			v					
24/10/1995	Ganti bearing atas 23032 CCK					Bearing23032 CCK	1		
						Housing SNH 526 (MODIF)	1		
20/12/1996	bearing atas sisi sprocket pecah					Adaptor H3032 (043849.2)	1		
						SEAL TSNA 526	1		
29/12/1996	Chain plate putus 1 ea - buat kan kellsin Awal trouble )					Bearing23032 CCK	1		
						Housing SNH 526 (MODIF)	1		
03/06/1997	Back stop aus - Ganti back stop					Adaptor H3032	1		
						SEAL TSNA 526	1		
05/12/1997	Chain plat putus - bucket nglimbruk ( 13 tahun)					Conveyor chain for NBC 450H(DB7160.01)			
08/05/1997	Ganti bearing bottom					NB 17200S (BT) 2L / G4 Complete with			
						Bucket ,fixing bolt,nut&washer 1 unit = 656			
25/08/1997 s/d						Link. TSUBAKIMOTO1 SET (656 LINK + 10%			
23/03/1998	Check & ganti link & pin made by kellsin					SPARE) = 722 LINK			
						14 set			
04/09/1998	Ganti bucket baru					Conveyor chain for NBC 450H(DB7160.01)	7 set		



13/04/1998	Ganti bucket baru					NB 17200S (BT) 2L / G4 Complete with				
05/01/1998	Ganti bucket baru					Bucket ,fixing bolt,nut&washer 1 unit = 656				
						Link. TSUBAKIMOTO				
06/09/1998	Ganti bearing bottom					UCT 315 = 1 set	032371.8			
29/06/1998	Ganti bearing bottom					UCT 315 = 1 set	032371.8			
07/03/1998	Ganti bearing bottom									
21/07/1998	Bearing sisi back stop aus					Bearing23032 CCK 086762.2	1			
						Bearing housing rusak SC 086763.0	1			
						Adaptor H3032 046486.7	1			
						Shaft head sprocket - repair las				
						Back stop 135mm Tsubaki 019707.5	1			
03/05/1999	Chain penggerak putus - ganti RS 160 = 1 1/2 roll									
04/07/1999	Head sprocket aus - ganti Ex repair Latsin					Sprocker RS 160 /60 T	1			
						Bearing23032 CCK 086762.2				
						Bearing housing rusak SC 086763.0				
						Adaptor H3032 046486.7				
10/05/1999	Back stop aus - Ganti back stop									
02/09/1999	Ganti bearing bottom					UCT 315 = 2 set	032371.8			
27/04/2000	Geard motor terbakar - ganti EX M4253									
22/12/2000	Back stop aus - Ganti back stop					Back stop 135mm Tsubaki	019707.5			
02/09/2001	Chain penggerak putus - ganti Chain RS 160 = 1 1/2 roll					Chain RS 160 = 1 1/2 roll				
12/01/2001	Chain penggerak putus - ganti RS 160 = 1 1/2 roll									
23/02/2002	Amphere goyang, Base plate pecah					Chain RS 160 = 1 1/2 roll				
12/11/2002	Chain penggerak putus - ganti RS 160 = 1 1/2 roll					Chain RS 160 = 1 1/2 roll				
15/04/2003	Roller chai aus					Ganti roller chain 93 1/2 link				
22/07/2003	Back stop aus - Ganti back stop									
08/08/2003	Ganti bearing bottom					UCT 315 = 2 set	032371.8			
30/03/2004	Ganti bucket partial ( 6 tahun )					Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	94 Link			
30/03/2004	Ganti bucket partial					Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	94 Link			
04/06/2004	Ganti bucket partial					Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	7 Link			
13/4/2004	Ganti bucket partial					Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	7 Link			
20/04/2004	Ganti bucket partial					Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	29 Link			



28/04/2004	Ganti bucket partial				Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	14 Link			
05/04/2004	Ganti bucket partial				Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	7 Link			
17/5/2004	Ganti bucket partial				Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	7 Link			
24/5/2004	Ganti bucket partial				Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	6 Link			
25/5/2004	Ganti bucket partial				Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	94 Link			
06/01/2004	Ganti bucket partial				Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	7 Link			
15/06/2004	Ganti bucket partial				Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	14 Link			
22/06/2004	Ganti bucket partial				Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	14Link			
29/6/2004	Ganti bucket partial				Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	14 Link			
07/06/2004	Ganti bucket partial				Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	7 Link			
26/07/2004	Ganti bucket partial				Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	7 Link			
08/03/2004	Ganti bucket partial				Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	7 Link			
18/8/2004	Ganti bucket partial				Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	7 Link			
24/8/2004	Ganti bucket partial				Chain bucket DHIII-M2000-4099 ( 007489.5)	7 Link			
Perta 2007	OH prev gearbox hitachi - Ganti semua bearing & seal								
02/02/2009	BD Gearbox rusak ( SEW )				Gaearbox unit SEW R147-DV180L4	036693.6			
06/01/2010	Ganti bucket yang PENYOK (bucket 164 ea terpasang & 654 link ))				Bucket baru by latsin	8ea			
25/02/2010	BD Ganti bearig take up sisi kantor				UCT 315 = 1 set				
29/03/2010	Ganti gearbox baru (BREVINI )				GEAR MOTOR -- PD3250-MNI-43.55-PAM180-B3 -- BREVINI	036693.6			
05/03/2010	Ganti back stop problem putar balik				Back stop 135mm Tsubaki	019707.5			
05/03/2010	BACK STOP SELIP				B.STOP BS160 - 135E				
	GANTI BACK STOP UNIT				DIA SHAFT 135mm tsubaki	019707.5			
	( 98 , 2004 )								
22/01/2011	BD. Chain putus call out ( 4 jam )				Chain RS 160 = 1 1/2 roll				
02/01/2011	BD Ganti bearig take up sisi kantor				UCT 315 = 1 set	032371.8			
02/02/2011	Ganti bucket yang kropos 23 ea				Bucket baru by latsin	23ea			



28/02/2011	Problem : Bearing bottom rusak kanan / kiri								
	dipertahankan ,kejar setoran								
Th 2011	Umur sudah 7 tahun						INDONESIA MAGMA CHAIN, PT		
							(datang 8/11/2006)		
02/02/2012	Bearing bottom sisi belerang rusak			v		Ganti Bearing UCT 315 1 ea			
02/08/2012	Bearing bottom sisiConcentrasi rusak					Ganti Bearing UCT 315 1 ea			
16-Maret-2012	Sprocket tail bengkok. Penyebab : adanya plate di dalam , yg sebelumnya ada penggantian dinding bucket ooleh orang las.			v		Ganti tail sprocket yg bawah 1 set , sprocket bucketnya gundulan gak ada lekuk2nya.	Sukaemi,puji,Dadang		
						Bearing baru semua,& repair baut adjuster	Muslikh		
16-Jun-13	Bucket TRIP ( macet )	v	v			> Ganti Bucket	2 ea	T253386	
	> Penyebab :					> Potong chain	2 link	Goser Bottom	T253899
	> Dinding in side byk yg keropos/me					> Ganti baut juster 2X ( putus )	2 ea	1 1/4" x 50 mm	T504945
	ngelupas m-ganggu putaran bucket (nyantol Bootom, dinding dan TRIP )					> Repair dinding		PUJI R	
								AGUS H	
								2 PB	
	> Sbgian besar dinding di CLADING dr luar.								
19/07/2013	BUCKET KROPOS			V		GANTI BUCKET	4 EA	BUATAN LATSIN	T253831
						BOLT DAN NUT 14X45	32 EA		
29/07/2013	BEARING BOTTOM GRESE TIDAK BISA MASUK			V		GANTI BEARING BOTOM UCT 315	2 EA		253831
	BEARING PANAS					GANTI DUST FIEAL PLAT BUATAN BENG	1 SET	BUATAN LATSIN	
						KEL			
16/10/2013	BAUT ADJUSTER BENGKOK BOTTOM BEARING			V		GANTI BAUT ADJUSTER SISI KANTOR	1 SET	BUATAN LATSIN	SUKAEMI
	LINK BUCKET PUTUS SISI BELERANG			V		GANTI LINK	1 EA	water cleaning	DADANG
						PASANG RING PIN LINK	10 EA	PUJI	
15/11/2013	KELAINAN SUARA /BACKET GLEMBUNG			V		GANTI BUCKET BARU	1EA		SUKAEMI
						POTONG BUCKET YG GLEMBUNG	2 EA		DADANG
								PUJI R	
								ANDRI	
21/11/2013	CHECK BUCKET SHUT DOWN WATER CLEANING			V		GANTI BUCKET YG RUSAK	6EA	BUATAN LATSIN	SUKAEMI

[illegible]



24/02/2014	MOTOR TERBAKAR DAN BACK STOP RUSAK			V	GANTI MOTOR DAN LEPAS BACK STOP		BACKET KURUGAN	sukaemi	
					DIAMETER SHAF 135MM		PRODAK BAGIAN BA	andri	
							WAH/OUT LET BUNTU	lamin	
26/02/2014	GANTI BACK STOP /YG KOSONG SEMENTARA			V	BACK STOP EX REPAIR DARI 2 BACK STOP	1 SET	M 2205 BERHENTI	SUKAEMI	
					YANG RUSAK DIATAS		SEMENTARA 2 JAM	PUJI	
					PASANG DI ATAS OKE		untuk pasang back	ANDRI	
							stop ex repair /ok		
02/04/2014	GANTI BEARING BOTTOM			V	GANTI BEARING UCT 315 SISI BELERANG	1 EA	PHOSPAT LEMBUT	SUKAEMI	
					DAN GANTI DEFLECTOR BOTTOM		BOCOR/DEBU	PUJI R	
24/05/2014	BEARING RUSAK			V	GANTI BEARING SKF 23032 CCK		PN 043848.0		
					GANTI BEARING SKF 23032 CCK				
					Ganti house bearing SNL 528 SKF	1 EA	MODIF BUSHING	SUKAEMI	
					SISI BELERANG		SESUAI BEARING	BAHRUDIN	
							SKF 23032 CCK	PUJI	
							DAN DIBUATKAN RING		
							STOPER BEARING		
26/05/2014	BACK STOP RUSAK			V	GANTI BACK STOP BARU LOKAL 135 MM				
02/06/2014	SHAF BOTTOM BEARING BENGKOK KURANG			V	LURUSKAN SHAF DI JEK/DIBUATKAN		GARA GARA BUCKET	SUKAEMI	
	LEBIH 4 CM				SUPORT DAN DIPANASI BERSAMA LAS		NYANTOL SAMPAI LINK	VIKY K	
							PUTUS DAN BUCKET	BAHRUDIN	
							RUSAK 4 EA	PUJI	
11/06/2014	LINK BUCKET PUTUS SISI KANTOR			V	GANTI LINK DAN ADJUS BOTTOM		ROLL CHAIN MACET	SUKAEMI	
					BEARING		SEMUA TERPASANG	BAHRUDIN	
							BARU 4 BULAN/LOKAL	PUJI	
							SPROCKET /CHAIN		
							MELOMPAT/TIDAK		




							CENTER		
15/07/2014	LINK BUCKET PUTUS SISI KANTOR			V	GANTI LINK BARU DAN LEPAS PASANG BUCKET			SUKAEMI BAHRUDIN PUJI R	
30/07/2014	LINK BUCKET SISI KANTOR PUTUS			V	GANTI LINK DAN BUCKET YANG RUSAK		COLL AUT JAM 19 00		
							SELESAI DIBENAI DI	SUKAEMI	
							RUNNING TERNYATA	BEDJO	
							SPROKET ATAS LINK	SAHRONI	
							TIDAK PADA POSISI	SUGENG	
							YG BENAR/LUMPAT	AGUS	
							DAN MERUSAK BUCKET	PUJI	
							SEBANYAK 49 EA	SUWARAS	
							CUTI BERSAMA HARI		
							RAYA TGL 30 DAN 31		
							JULI 2014 DAN LINK		
							DAN PIN LINK ADA		
							YG PUTUS		
1/9/*14	BUCKET RUSAK DAN LINK SISI BELERANG PUTUS			V	BUCKET EX REPAIR BENGKEL LAS	2 EA	SHUT DOWN WC	RIFQI M BAHRUDIN PUJI R	
07/09/2014	bucket putus link pin sisi belerang						coll aut	muslik puji	
24/09/2014	Bearing bottom sisi kantor rusak			v	Bearing UCT 315 SISI KANTOR		COLL AUT 00 30 DAN DILANJUTKAN SHUD DOWN CLEANING	253831 242923 PUJI R	
07/10/2014	CHAIN BUCKET PUTUS "" NGLIMBRUK	V	V		*PIN BUATAN BENGKEL	..EA	☑MAGMA CHAIN-LOKAL	SUKAEMI	
JAM.09.30 WIB	( LANGSUNG SHUT DOWN CLEANING )				**SPARE CHAIN BUCKET HABIS		☑SPARE LN ( TSUBAKI )-	SUGENG	
(Hari ke 1 )							BELUM DATANG	PUJI R	
	AKTIFITAS = jam 10.00 "" 07.00				ALAT BANTU :		☑Crane 80 ton tanpa	BAHRUDDIN	
	Buat lubang pd dinding utk inspeksi dan -				1. CRANE 80 T ☑ SEHARUSNYA 90 T / PH			SUWARAS	

[illegible]



24/10/2014	PIN DAN LINK SISI KANTOR PUTUS			V		GANTI PIN DAN LINKSISI KANTOR		CALL AUT JAM 1900	SUKAEMI	
						GANTI BUCKET 5 EA PENYOK DAN NYAN		BUSSING KANDISI	BAHRUDIN	
						TOL CHECK DANRUNNING		TIDAK PUTAR DAN	PUJI R	
								LINK GANPANG PUTUS	SUWARAS	
28/10/2014	LINK BUCKET PUTUS SISI BOTTOM BUCKET			V		GANTI LING DAN BUCKET LEPAS BEARING		WATER CLEANING	SUWARAS	
	NYEPIT DAN BUCKET NYANTOL SPROKET					SISI BELERANG DAN GANTI UCT 315			SUKAEMI	
	BOTTOM					DAN BUCKET 5 EA		BAUT M14X50=70 EA	BAHRUDIN	
									EDY SAPUT	
									UBAET	
									NARTO CR	
									PUPUT	
29/10/2014	CHECK PREVENTIVE DITEMUKAN LINK PUTUS					GANTI PIN DAN LINK DAN BUCKET		GANTI PIN DAN LINK	SUKAEMI	
	DAN PIN PUTUS 4 EA					4 EA DAN GANTI BAUT		4 EA DAN MUR BAUT	RIFQI M	
								M 14X50=40 EA	SAPUTRA	
									PUJI R	
								BUSING TIDAK MUTAR		
								DAN LINK GAMPANG		
								PUTUS/PIN JUGA		
05/11/2014	pasang spare subaki/lepas pasang bucket			V		chain subaki ex repair yg lama		water cleaning 8 jam	sukaemi	
						dan bucket lama dari gd kapur		pasang link 40 ea	rifqi m	
						baut dan mur m 14x50	80ea	kanan kiri dimulai	bahrudin	
								dari menthoule bawah	puji .ubet	
								setelah chain ter	pb3org	
								pasang harus diajust		
								karena kendor		
12/11/2014	PASANG LINK STUBAKI/LEPAS PASANG BUCKET			V		LINK STUBAKI YG LAMA DAN BUCKET		WATER CLEANING8JAM	SUKAEMI	
						YG LAMA DIPASANG KEMBALI DAN YG		GANTI LINK KANAN DAN	RIFQI M	
						RUSAK DI GANTI	5EA	KIRI 40 LINK DAN	BAHRUDIN	
						BAUT DAN MUR M14X50	60EA	BETUKAN POSISI SPRO	EDI S	
								CET BOTEM DIJEK KE	PUJI R	
								ARAK BELERANG 1CM	UBAETZ	



							STUBAKI Busing Ber	PB 3ORG	
							PUTAR		
18/11/2014	LINK CHAIN BUCKET PUTUS ( NGLUMBRUK ) ( 15.30 )					Ganti chain bucket Ex Tsubaki Ganti Bucket baru ( Latsin ) Bolt & Nut M 16 X 50 MM	50 EA 1350 EA	KATO 90 TON TIRPORT 4 TON = 2 EA CHAIN BLOCK 5 TON LAS M EDY SAPUTRA (PK) BAGUS WAHYUDI (PK) OKY PRASETYO (PK)	SUKAEMI RIFQI M BAHRUDIN EDI S M MUSLIKH DADANG (CR) AGUS H PUJI R SAMIDI (CR) SUNARTO (CR) PUJI YUNIOR (CR)
									PB (4 ORG)
19/11/2014	lanjutkan lepas ling link dan bucket yg nglumbruk/putus /angkat pakai cran 80 t					pasang link stubaki angkat dg cran sepanjang 20 bucket dan disambung diatas dengan angkatan berikutnya sepanjang 20 bucket/dan seterusnya	0700 s/d 2300	suwaras sukaemi bahrudin edi s sa/su 2 batu bara 2 orang puji grub yg malam	muslikh rifqi dadang agus narto cr puput batu bara 2 orang

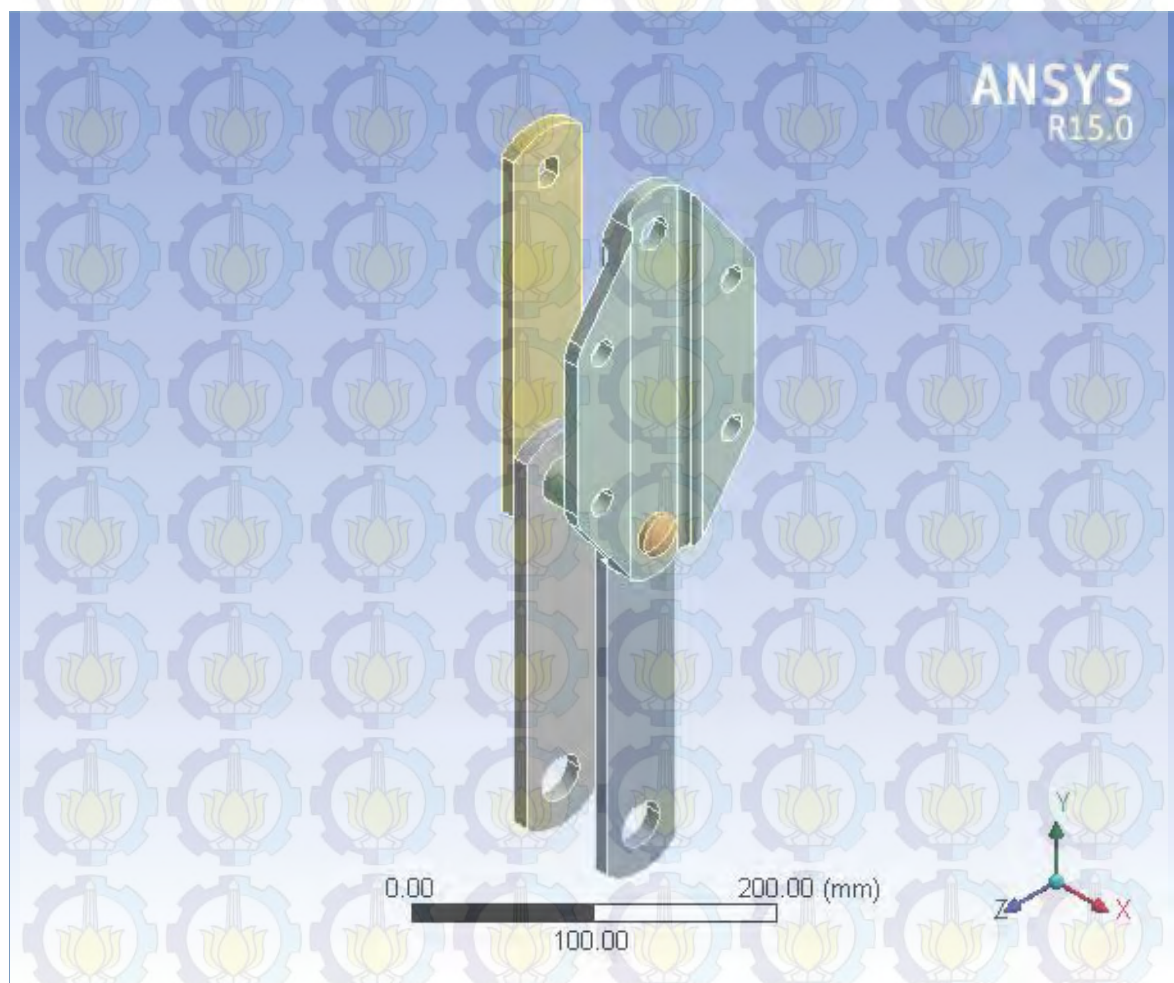
20/11/2014	sambung link di taill bottom dan adjust dan pasang bucket				bucket baru 50 ea dan yg lama dipilih yang masih laik pakai dg jumlah 164ea dan link 656				
27/11/2014	GANTI LINK 20 KANAN KIRI		V		GANTI LINK SETELAH BUSHING DI REPAIR /DI PERBESAR BENGGKEL		WARER CLEANING	SUKAEMI RIFQI BAHRUDIN EDI SAPUT PUJI	
03/12/2014	TIAP WATER CLEANING GANTI LINK DAN BUCKET		V		GANTI LINK SETELAH BUSHING DI REPAIR BENGGKEL/SATUSET 10 BUCKET DAN 40 LINK		WATER CLEANING	SUKAEMI RIFQI EDI S PUJI+PB	
11/12/2014	GANTI LINK BUCKET		V		GANTI LINK BUCKET SATU SET 40 LINK ( 10 BUCKET)		WATER CLEANING	SUKAEMI RIFQI BAHRUDIN BAGUS PUJI R	
17/12/2014	GANTI LINK BUCKET		V		LINK BUCKET YG HABIS DI REPAIR BUSHING NYA (10 BUCKET)		WATER CLEANING	SUKAEMI BAHRUDIN BAGUS PUJI=PB2	
19/12/2014	preventive								





## Project

First Saved	Saturday, January 9, 2016
Last Saved	Monday, January 11, 2016
Product Version	15.0.7 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No





## Contents

- Units
- Model (A4)
  - ▢ Geometry
    - Parts
  - ▢ Coordinate Systems
  - ▢ Connections
    - Contacts
      - Contact Regions
  - ▢ Mesh
  - ▢ Static Structural (A5)
    - Analysis Settings
    - Loads
    - Solution (A6)
      - Solution Information
      - Results
      - Fatigue Tool
        - Results
- Material Data
  - ▢ AISI 4137

## Units

TABLE 1

Unit System	Metric (mm, kg, N, s, mV, mA) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

## Model (A4)

### Geometry

TABLE 2  
Model (A4) > Geometry

Object Name	Geometry
State	Fully Defined
<b>Definition</b>	
Source	C:\Users\Simulasi\Desktop\rantai 1 pasang_files\dp0\SYS\DM\SYS.agdb
Type	DesignModeler
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Body Color
<b>Bounding Box</b>	
Length X	112. mm
Length Y	461.43 mm
Length Z	138. mm

Lampiran 2

Properties	
Volume	7.3052e+005 mm <sup>3</sup>
Mass	5.7346 kg
Scale Factor Value	1.
Statistics	
Bodies	6
Active Bodies	6
Nodes	99688
Elements	60208
Mesh Metric	None
Basic Geometry Options	
Parameters	Yes
Parameter Key	DS
Attributes	No
Named Selections	No
Material Properties	No
Advanced Geometry Options	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	No
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	No
Compare Parts On Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\Simulasi\AppData\Local\Temp
Analysis Type	3-D
Decompose Disjoint Geometry	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

**TABLE 3**  
**Model (A4) > Geometry > Parts**

Object Name	Solid	Solid	Solid	Solid	Solid	Solid
State	Meshed					
Graphics Properties						
Visible	Yes					
Transparency	1					
Definition						
Suppressed	No					
Stiffness Behavior	Flexible					
Coordinate System	Default Coordinate System					
Reference Temperature	By Environment					
Material						
Assignment	AISI 4137					
Nonlinear Effects	Yes					
Thermal Strain Effects	Yes					
Bounding Box						
Length X	10. mm		72. mm	110. mm	20. mm	10. mm
Length Y	263.86 mm		28.5 mm	25. mm	258.5 mm	257.86 mm
Length Z	52. mm		28.5 mm	25. mm	138. mm	52. mm
Properties						
					3.0573e+005	1.2581e+005



Volume	1.2146e+005 mm3		25260 mm3	30803 mm3	mm3	mm3
Mass	0.95347 kg		0.19829 kg	0.2418 kg	2.4 kg	0.98759 kg
Centroid X	15. mm	77. mm	45.994 mm	47.829 mm	91.957 mm	5. mm
Centroid Y	-200.12 mm		-99.984 mm	-100.11 mm	0.10253 mm	-9.5752e-003 mm
Centroid Z	9.9886e-002 mm	9.9608e-002 mm	0.10076 mm	9.9996e-002 mm	0.21763 mm	-2.1611e-008 mm
Moment of Inertia Ip1	5059.4 kg·mm2		28.726 kg·mm2	11.13 kg·mm2	11999 kg·mm2	5253.2 kg·mm2
Moment of Inertia Ip2	235.06 kg·mm2		98.696 kg·mm2	252.69 kg·mm2	2896.7 kg·mm2	234.18 kg·mm2
Moment of Inertia Ip3	4840.2 kg·mm2		98.373 kg·mm2	252.98 kg·mm2	9256.6 kg·mm2	5035.4 kg·mm2
Statistics						
Nodes	4284	4559	3383	31843	52539	3080
Elements	678	728	1790	22428	34106	478
Mesh Metric	None					

## Coordinate Systems

**TABLE 4**  
**Model (A4) > Coordinate Systems > Coordinate System**

Object Name	Global Coordinate System
State	Fully Defined
<b>Definition</b>	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0.
<b>Origin</b>	
Origin X	0. mm
Origin Y	0. mm
Origin Z	0. mm
<b>Directional Vectors</b>	
X Axis Data	[ 1. 0. 0. ]
Y Axis Data	[ 0. 1. 0. ]
Z Axis Data	[ 0. 0. 1. ]

## Connections

**TABLE 5**  
**Model (A4) > Connections**

Object Name	Connections
State	Fully Defined
<b>Auto Detection</b>	
Generate Automatic Connection On Refresh	Yes
<b>Transparency</b>	
Enabled	Yes

**TABLE 6**  
**Model (A4) > Connections > Contacts**

Object Name	Contacts
State	Fully Defined
<b>Definition</b>	
Connection Type	Contact



Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Auto Detection	
Tolerance Type	Slider
Tolerance Slider	0.
Tolerance Value	1.2362 mm
Use Range	No
Face/Face	Yes
Face/Edge	No
Edge/Edge	No
Priority	Include All
Group By	Bodies
Search Across	Bodies

**TABLE 7**  
**Model (A4) > Connections > Contacts > Contact Regions**

Object Name	Contact Region	Contact Region 2	Contact Region 3	Contact Region 4	Contact Region 5	Contact Region 6	Contact Region 7	Contact Region 8	Contact Region 9
State	Fully Defined								
Scope									
Scoping Method	Geometry Selection								
Contact	3 Faces	1 Face	3 Faces	1 Face	3 Faces	1 Face		3 Faces	6 Faces
Target	4 Faces	1 Face	4 Faces	1 Face	3 Faces	1 Face		3 Faces	5 Faces
Contact Bodies	Solid								
Target Bodies	Solid								
Definition									
Type	Bonded								
Scope Mode	Automatic								
Behavior	Program Controlled								
Trim Contact	Program Controlled								
Trim Tolerance	1.2362 mm								
Suppressed	No								
Advanced									
Formulation	Program Controlled								
Detection Method	Program Controlled								
Penetration Tolerance	Program Controlled								
Elastic Slip Tolerance	Program Controlled								
Normal Stiffness	Program Controlled								
Update Stiffness	Program Controlled								
Pinball Region	Program Controlled								
Geometric Modification									
Contact Geometry Correction	None								

**Mesh****TABLE 8**  
**Model (A4) > Mesh**

Object Name	Mesh
State	Solved
<b>Defaults</b>	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
<b>Sizing</b>	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Fine
Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	High
Transition	Slow
Span Angle Center	Fine
Minimum Edge Length	1.45080 mm
<b>Inflation</b>	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0.272
Maximum Layers	5
Growth Rate	1.2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
<b>Patch Conforming Options</b>	
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
<b>Patch Independent Options</b>	
Topology Checking	Yes
<b>Advanced</b>	
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	Program Controlled
Shape Checking	Standard Mechanical
Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Extra Retries For Assembly	Yes
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
<b>Defeaturing</b>	
Pinch Tolerance	Please Define
Generate Pinch on Refresh	No
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
Defeaturing Tolerance	Default
<b>Statistics</b>	
Nodes	99688
Elements	60208
Mesh Metric	None

**Static Structural (A5)****TABLE 9**



**Model (A4) > Analysis**

Object Name	<i>Static Structural (A5)</i>
State	Solved
<b>Definition</b>	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
<b>Options</b>	
Environment Temperature	22. °C
Generate Input Only	No

**TABLE 10**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Analysis Settings**

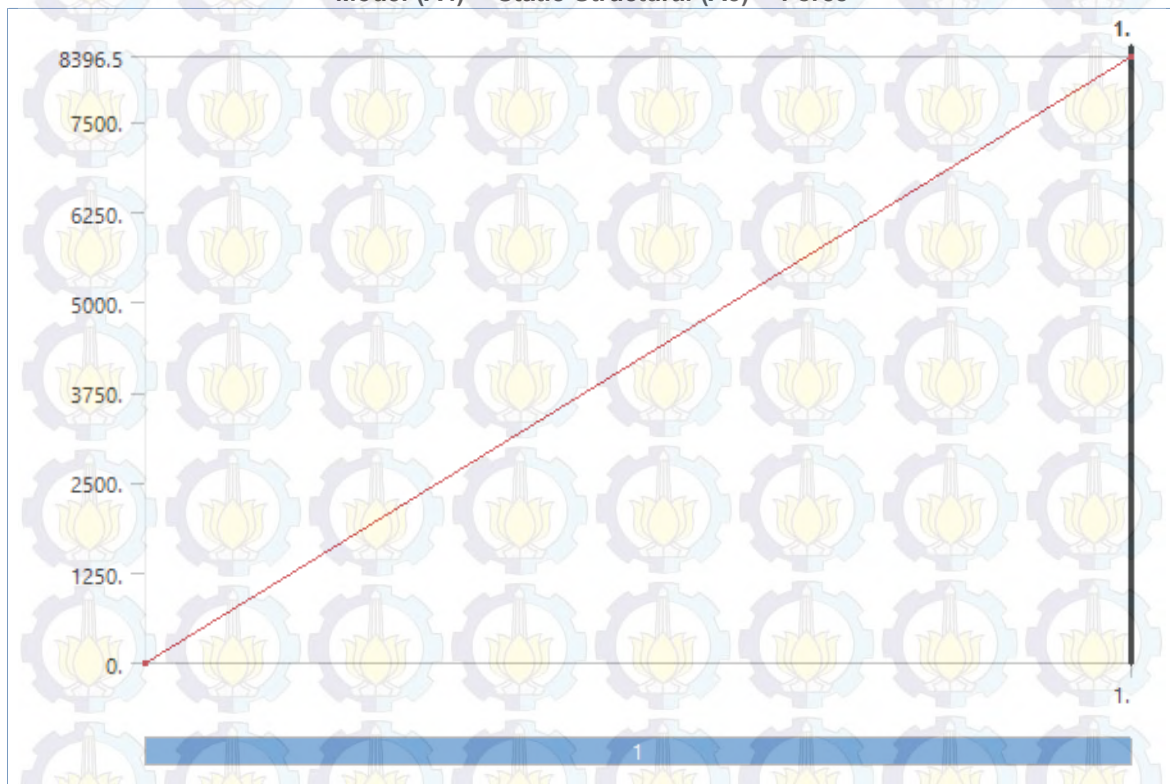
Object Name	<i>Analysis Settings</i>
State	Fully Defined
<b>Step Controls</b>	
Number Of Steps	1.
Current Step Number	1.
Step End Time	1. s
Auto Time Stepping	Program Controlled
<b>Solver Controls</b>	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
<b>Restart Controls</b>	
Generate Restart Points	Program Controlled
Retain Files After Full Solve	No
<b>Nonlinear Controls</b>	
Newton-Raphson Option	Program Controlled
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Stabilization	Off
<b>Output Controls</b>	
Stress	Yes
Strain	Yes
Nodal Forces	No
Contact Miscellaneous	No
General Miscellaneous	No
Store Results At	All Time Points
<b>Analysis Data Management</b>	
Solver Files Directory	C:\Users\Simulasi\Desktop\rantai 1 pasang_files\dp0\SYS\MECH\
Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	mm



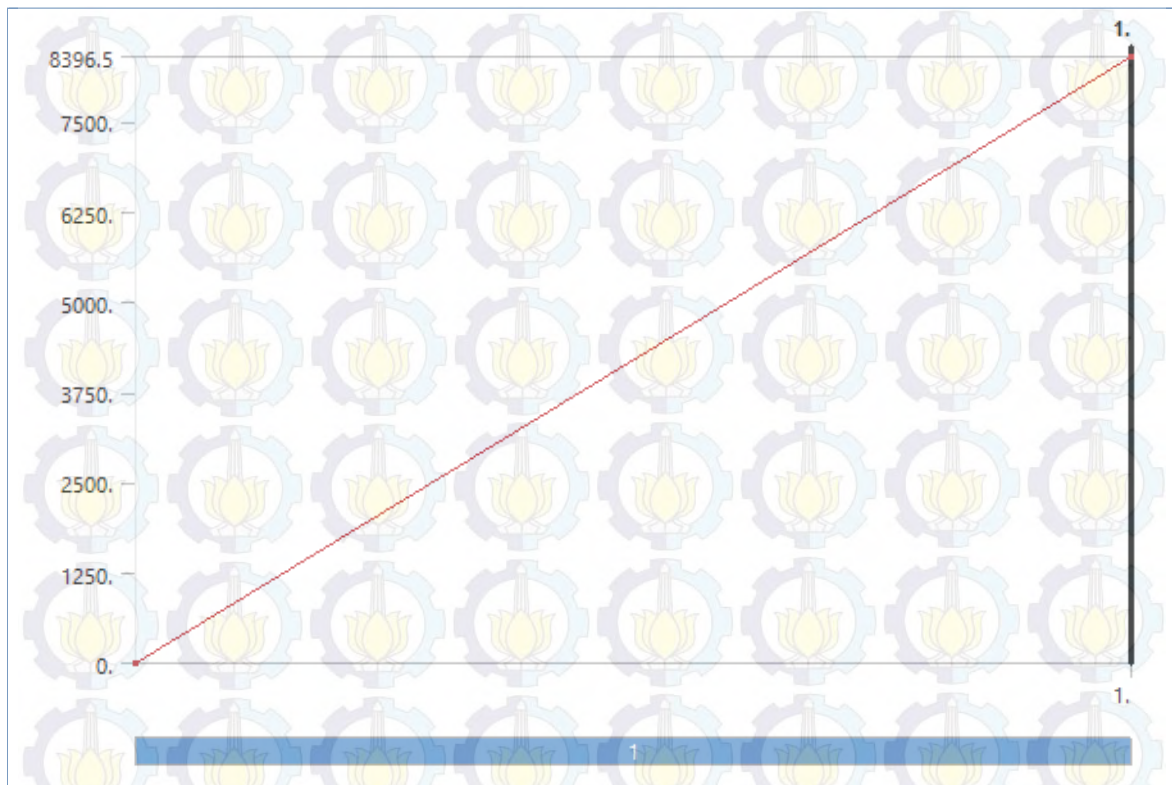
**TABLE 11**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Loads**

Object Name	Force	Force 2	Fixed Support 2	Fixed Support
State	Fully Defined			
Scope				
Scoping Method	Geometry Selection			
Geometry	1 Face	2 Faces	1 Face	
Definition				
Type	Force	Fixed Support		
Define By	Vector			
Magnitude	8396.5 N (ramped)			
Direction	Defined			
Suppressed	No			

**FIGURE 1**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Force**



**FIGURE 2**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Force 2**



### Solution (A6)

**TABLE 12**  
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution

Object Name	<i>Solution (A6)</i>
State	Solved
<b>Adaptive Mesh Refinement</b>	
Max Refinement Loops	1.
Refinement Depth	2.
<b>Information</b>	
Status	Done

**TABLE 13**  
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Solution Information

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
<b>Solution Information</b>	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Update Interval	2.5 s
Display Points	All
<b>FE Connection Visibility</b>	
Activate Visibility	Yes
Display	All FE Connectors
Draw Connections Attached To	All Nodes
Line Color	Connection Type
Visible on Results	No
Line Thickness	Single

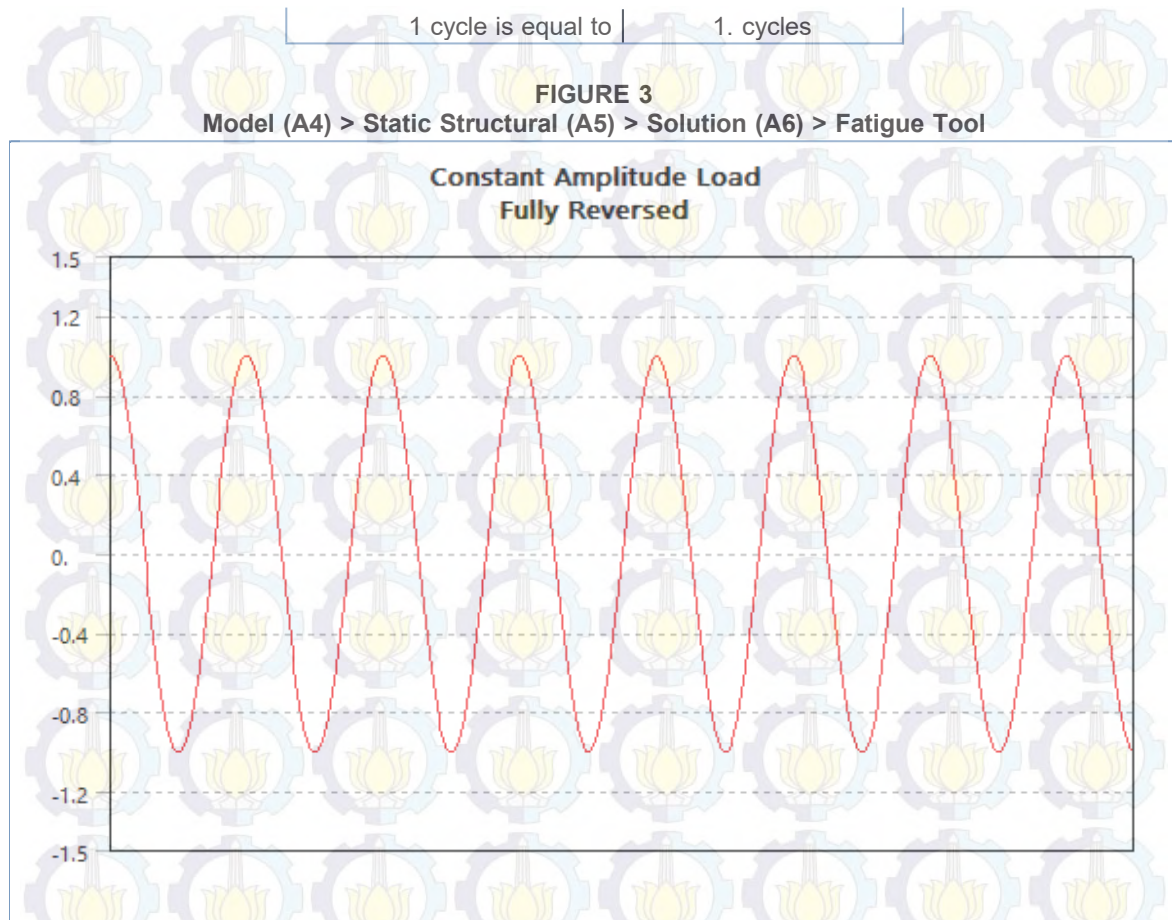


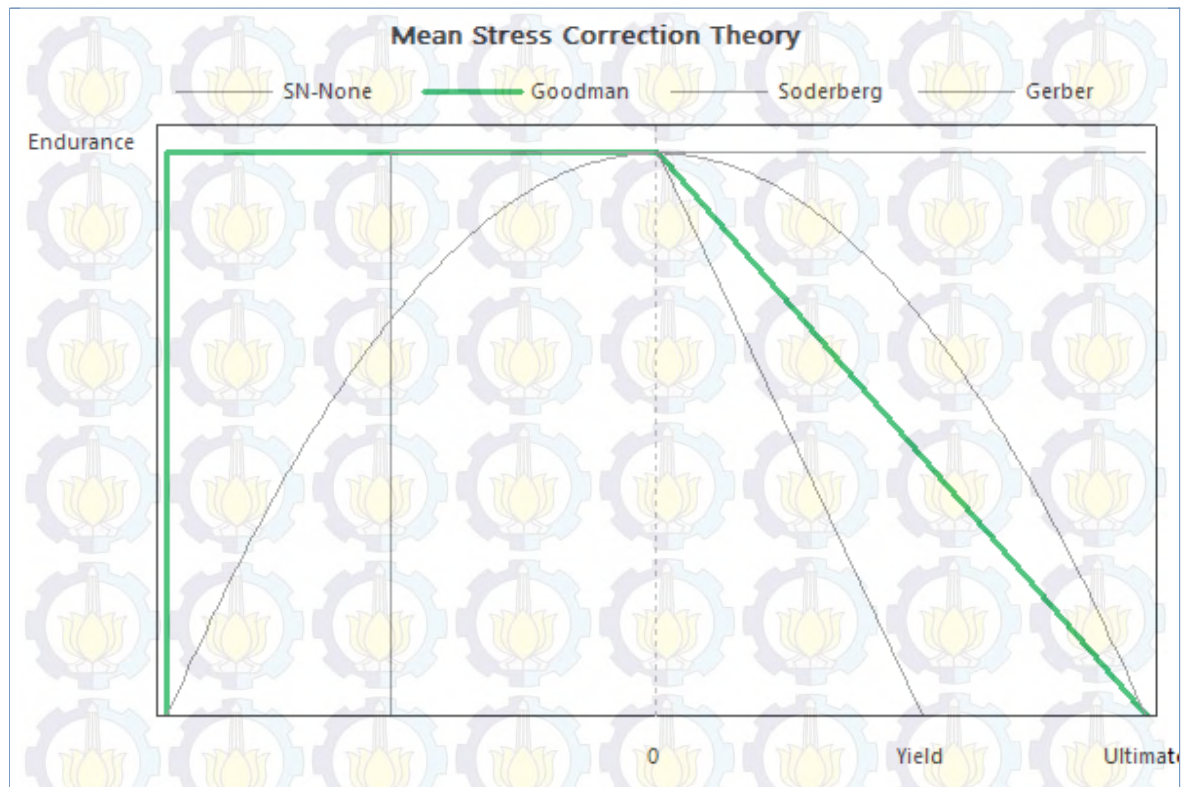
Display Type		Lines	
TABLE 14			
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Results			
Object Name	Total Deformation	Equivalent Stress	Equivalent Elastic Strain
State	Solved		
Scope			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	All Bodies		
Definition			
Type	Total Deformation	Equivalent (von-Mises) Stress	Equivalent Elastic Strain
By	Time		
Display Time	Last		
Calculate Time History	Yes		
Identifier			
Suppressed	No		
Results			
Minimum	0. mm	3.6867e-002 MPa	8.0684e-007 mm/mm
Maximum	0.16151 mm	147.52 MPa	8.4283e-004 mm/mm
Minimum Occurs On	Solid		
Maximum Occurs On	Solid		
Minimum Value Over Time			
Minimum	0. mm	3.6867e-002 MPa	8.0684e-007 mm/mm
Maximum	0. mm	3.6867e-002 MPa	8.0684e-007 mm/mm
Maximum Value Over Time			
Minimum	0.16151 mm	147.52 MPa	8.4283e-004 mm/mm
Maximum	0.16151 mm	147.52 MPa	8.4283e-004 mm/mm
Information			
Time	1. s		
Load Step	1		
Substep	1		
Iteration Number	1		
Integration Point Results			
Display Option		Averaged	
Average Across Bodies		No	

**TABLE 15**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Fatigue Tools**

Object Name	Fatigue Tool
State	Solved
<b>Materials</b>	
Fatigue Strength Factor (Kf)	1.
<b>Loading</b>	
Type	Fully Reversed
Scale Factor	1.
<b>Definition</b>	
Display Time	End Time
<b>Options</b>	
Analysis Type	Stress Life
Mean Stress Theory	Goodman
Stress Component	Equivalent (Von Mises)
<b>Life Units</b>	
Units Name	cycles







**TABLE 16**  
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Fatigue Tool > Results

Object Name	Life	Safety Factor
State	Solved	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Life	Safety Factor
Identifier		
Suppressed	No	
Design Life	1.e+009 cycles	
Integration Point Results		
Average Across Bodies	No	
Results		
Minimum	81742 cycles	0.58433
Minimum Occurs On	Solid	

## Material Data

### AISI 4137

**TABLE 17**  
AISI 4137 > Constants

Density	7.85e-006 kg mm <sup>-3</sup>
Coefficient of Thermal Expansion	1.2e-005 C <sup>-1</sup>
Specific Heat	4.34e+005 mJ kg <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>



Thermal Conductivity	6.05e-002 W mm <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Resistivity	1.7e-004 ohm mm

**TABLE 18**  
**AISI 4137 > Compressive Ultimate Strength**

Compressive Ultimate Strength MPa
0

**TABLE 19**  
**AISI 4137 > Compressive Yield Strength**

Compressive Yield Strength MPa
415

**TABLE 20**  
**AISI 4137 > Tensile Yield Strength**

Tensile Yield Strength MPa
415

**TABLE 21**  
**AISI 4137 > Tensile Ultimate Strength**

Tensile Ultimate Strength MPa
520

**TABLE 22**  
**AISI 4137 > Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion**

Reference Temperature C
22

**TABLE 23**  
**AISI 4137 > Alternating Stress Mean Stress**

Alternating Stress MPa	Cycles	Mean Stress MPa
3999	10	0
2827	20	0
1896	50	0
1413	100	0
1069	200	0
441	2000	0
262	10000	0
214	20000	0
138	1.e+005	0
114	2.e+005	0
86.2	1.e+006	0

**TABLE 24**  
**AISI 4137 > Strain-Life Parameters**

Strength Coefficient MPa	Strength Exponent	Ductility Coefficient	Ductility Exponent	Cyclic Strength Coefficient MPa	Cyclic Strain Hardening Exponent
920	-0.106	0.213	-0.47	1000	0.2

**TABLE 25**  
**AISI 4137 > Isotropic Elasticity**

Temperature C	Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa
	2.064e+005	0.29	1.6381e+005	80000



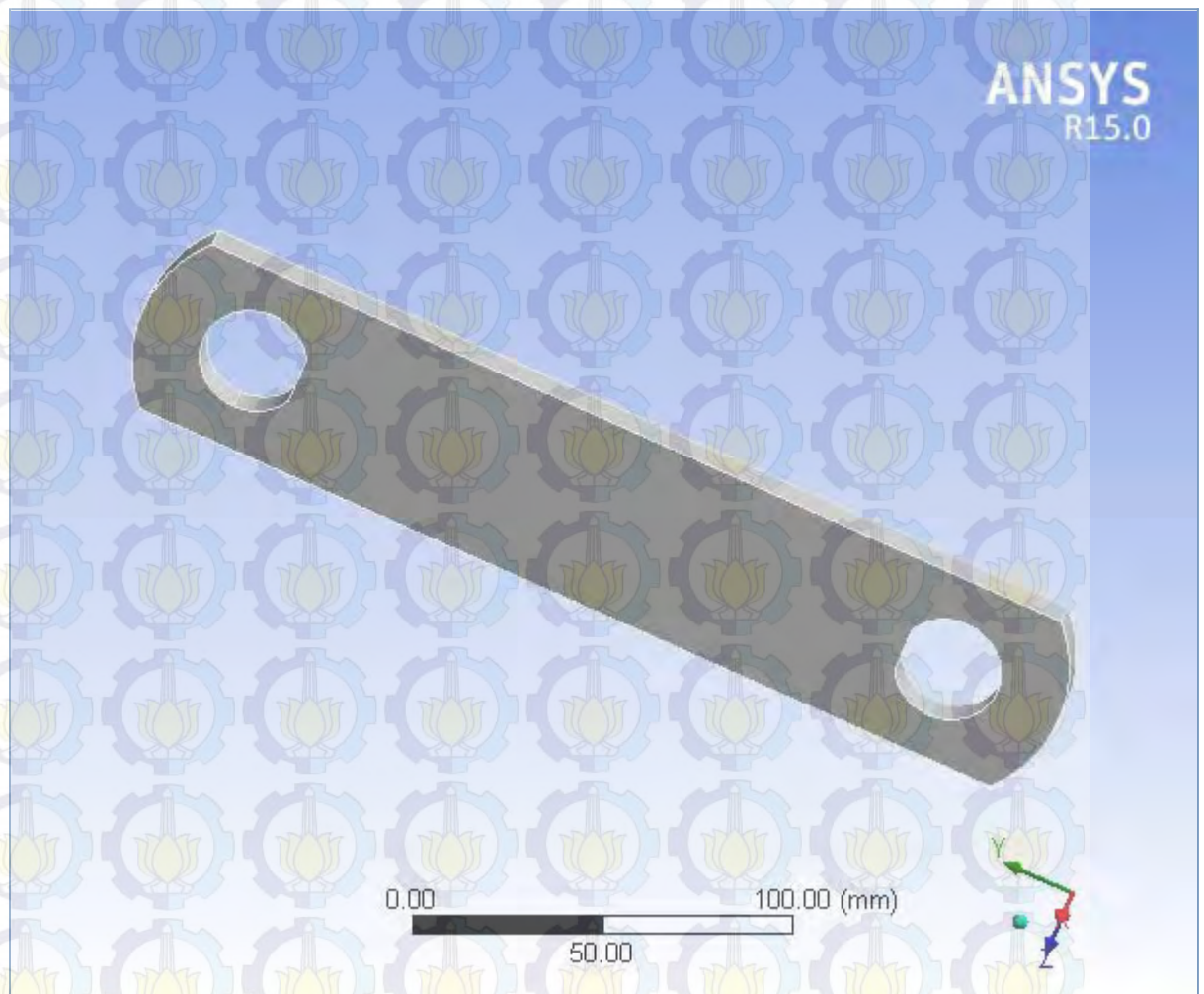
**TABLE 26**  
**AISI 4137 > Isotropic Relative Permeability**

Relative Permeability
10000

# ANSYS®

## Project

First Saved	Monday, January 11, 2016
Last Saved	Wednesday, January 20, 2016
Product Version	15.0.7 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No





## Contents

- Units
- Model (A4)
  - Geometry
    - PartBody
  - Coordinate Systems
  - Mesh
    - Patch Conforming Method
  - Static Structural (A5)
    - Analysis Settings
    - Loads
    - Solution (A6)
      - Solution Information
      - Results
      - Fatigue Tool
        - Results
- Material Data
  - Aisi 4137

## Units

TABLE 1

Unit System	Metric (mm, kg, N, s, mV, mA) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

## Model (A4)

### Geometry

TABLE 2  
Model (A4) > Geometry

Object Name	<i>Geometry</i>
State	Fully Defined
<b>Definition</b>	
Source	C:\Users\Simulasi\Desktop\redesain\link dalam asli_files\dp0\SYS\DM\SYS.agdb
Type	DesignModeler
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Body Color
<b>Bounding Box</b>	
Length X	10. mm
Length Y	264. mm



Lampiran 3

Length Z	52. mm
<b>Properties</b>	
Volume	1.2156e+005 mm <sup>3</sup>
Mass	0.95422 kg
Scale Factor Value	1.
<b>Statistics</b>	
Bodies	1
Active Bodies	1
Nodes	17378
Elements	10155
Mesh Metric	None
<b>Basic Geometry Options</b>	
Parameters	Yes
Parameter Key	DS
Attributes	No
Named Selections	No
Material Properties	No
<b>Advanced Geometry Options</b>	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	No
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	No
Compare Parts On Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\Simulasi\AppData\Local\Temp
Analysis Type	3-D
Decompose Disjoint Geometry	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

**TABLE 3**  
**Model (A4) > Geometry > Parts**

Object Name	<i>PartBody</i>
State	Meshed
<b>Graphics Properties</b>	
Visible	Yes
Transparency	1
<b>Definition</b>	
Suppressed	No
Stiffness Behavior	Flexible
Coordinate System	Default Coordinate System
Reference Temperature	By Environment
<b>Material</b>	
Assignment	Aisi 4137
Nonlinear Effects	Yes
Thermal Strain Effects	Yes
<b>Bounding Box</b>	
Length X	10. mm
Length Y	264. mm
Length Z	52. mm
<b>Properties</b>	
Volume	1.2156e+005 mm <sup>3</sup>
Mass	0.95422 kg

Centroid X	5. mm
Centroid Y	-2.8288e-002 mm
Centroid Z	-5.7793e-005 mm
Moment of Inertia Ip1	5071.2 kg·mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip2	235.26 kg·mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip3	4851.9 kg·mm <sup>2</sup>
<b>Statistics</b>	
Nodes	17378
Elements	10155
Mesh Metric	None

## Coordinate Systems

**TABLE 4**  
Model (A4) > Coordinate Systems > Coordinate System

Object Name	Global Coordinate System
State	Fully Defined
<b>Definition</b>	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0.
<b>Origin</b>	
Origin X	0. mm
Origin Y	0. mm
Origin Z	0. mm
<b>Directional Vectors</b>	
X Axis Data	[ 1. 0. 0. ]
Y Axis Data	[ 0. 1. 0. ]
Z Axis Data	[ 0. 0. 1. ]

## Mesh

**TABLE 5**  
Model (A4) > Mesh

Object Name	Mesh
State	Solved
<b>Defaults</b>	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
<b>Sizing</b>	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Fine
Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	High
Transition	Slow
Span Angle Center	Fine
Minimum Edge Length	10.0 mm
<b>Inflation</b>	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0.272
Maximum Layers	5



Growth Rate	1.2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
<b>Patch Conforming Options</b>	
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
<b>Patch Independent Options</b>	
Topology Checking	Yes
<b>Advanced</b>	
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	Program Controlled
Shape Checking	Standard Mechanical
Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Extra Retries For Assembly	Yes
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
<b>Defeaturing</b>	
Pinch Tolerance	Please Define
Generate Pinch on Refresh	No
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
Defeaturing Tolerance	Default
<b>Statistics</b>	
Nodes	17378
Elements	10155
Mesh Metric	None

**TABLE 6**  
**Model (A4) > Mesh > Mesh Controls**

Object Name	<i>Patch Conforming Method</i>
State	Fully Defined
<b>Scope</b>	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
<b>Definition</b>	
Suppressed	No
Method	Tetrahedrons
Algorithm	Patch Conforming
Element Midside Nodes	Use Global Setting

## Static Structural (A5)

**TABLE 7**  
**Model (A4) > Analysis**

Object Name	<i>Static Structural (A5)</i>
State	Solved
<b>Definition</b>	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
<b>Options</b>	
Environment Temperature	22. °C
Generate Input Only	No



**TABLE 8**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Analysis Settings**

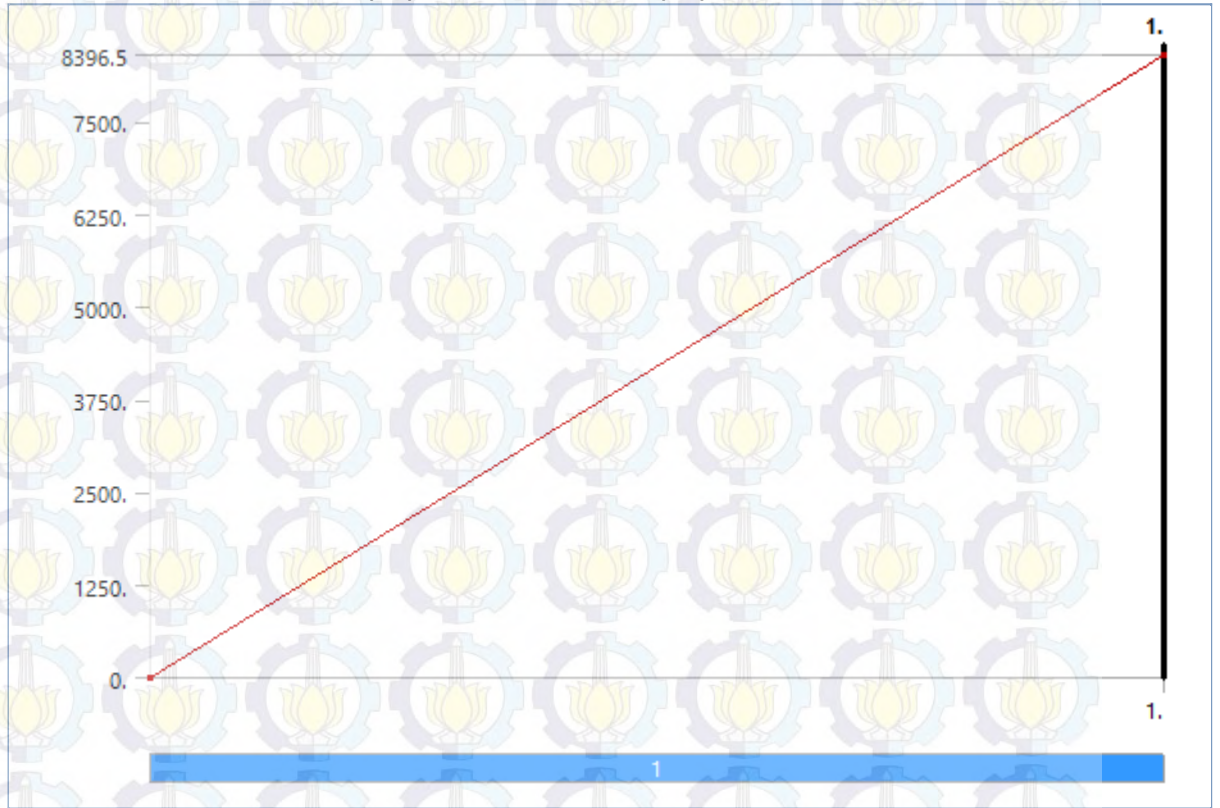
Object Name	Analysis Settings
State	Fully Defined
<b>Step Controls</b>	
Number Of Steps	1.
Current Step Number	1.
Step End Time	1. s
Auto Time Stepping	Program Controlled
<b>Solver Controls</b>	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
<b>Restart Controls</b>	
Generate Restart Points	Program Controlled
Retain Files After Full Solve	No
<b>Nonlinear Controls</b>	
Newton-Raphson Option	Program Controlled
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Stabilization	Off
<b>Output Controls</b>	
Stress	Yes
Strain	Yes
Nodal Forces	No
Contact Miscellaneous	No
General Miscellaneous	No
Store Results At	All Time Points
<b>Analysis Data Management</b>	
Solver Files Directory	C:\Users\Simulasi\Desktop\redesain\link dalam asli_files\dp0\SYS\MECH\
Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	nmm

**TABLE 9**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Loads**

Model (A1) - Static Structural (A5) - Loads		
Object Name	Force	Fixed Support
State	Fully Defined	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	1 Face	
Definition		
Type	Force	Fixed Support

Define By	Vector	
Magnitude	8396.5 N (ramped)	
Direction	Defined	
Suppressed	No	

**FIGURE 1**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Force**



### **Solution (A6)**

**TABLE 10**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution**

Object Name	<i>Solution (A6)</i>
State	Solved
<b>Adaptive Mesh Refinement</b>	
Max Refinement Loops	1.
Refinement Depth	2.
<b>Information</b>	
Status	Done

**TABLE 11**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Solution Information**

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
<b>Solution Information</b>	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Update Interval	2.5 s
Display Points	All
<b>FE Connection Visibility</b>	



Activate Visibility	Yes
Display	All FE Connectors
Draw Connections Attached To	All Nodes
Line Color	Connection Type
Visible on Results	No
Line Thickness	Single
Display Type	Lines

**TABLE 12**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Results**

Object Name	Total Deformation	Equivalent Stress	Equivalent Elastic Strain
State	Solved		
Scope			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	All Bodies		
Definition			
Type	Total Deformation	Equivalent (von-Mises) Stress	Equivalent Elastic Strain
By	Time		
Display Time	Last		
Calculate Time History	Yes		
Identifier			
Suppressed	No		
Results			
Minimum	0. mm	0.46999 MPa	3.0555e-006 mm/mm
Maximum	2.9005e-002 mm	135.32 MPa	7.6437e-004 mm/mm
Minimum Value Over Time			
Minimum	0. mm	0.46999 MPa	3.0555e-006 mm/mm
Maximum	0. mm	0.46999 MPa	3.0555e-006 mm/mm
Maximum Value Over Time			
Minimum	2.9005e-002 mm	135.32 MPa	7.6437e-004 mm/mm
Maximum	2.9005e-002 mm	135.32 MPa	7.6437e-004 mm/mm
Information			
Time	1. s		
Load Step	1		
Substep	1		
Iteration Number	1		
Integration Point Results			
Display Option		Averaged	
Average Across Bodies		No	

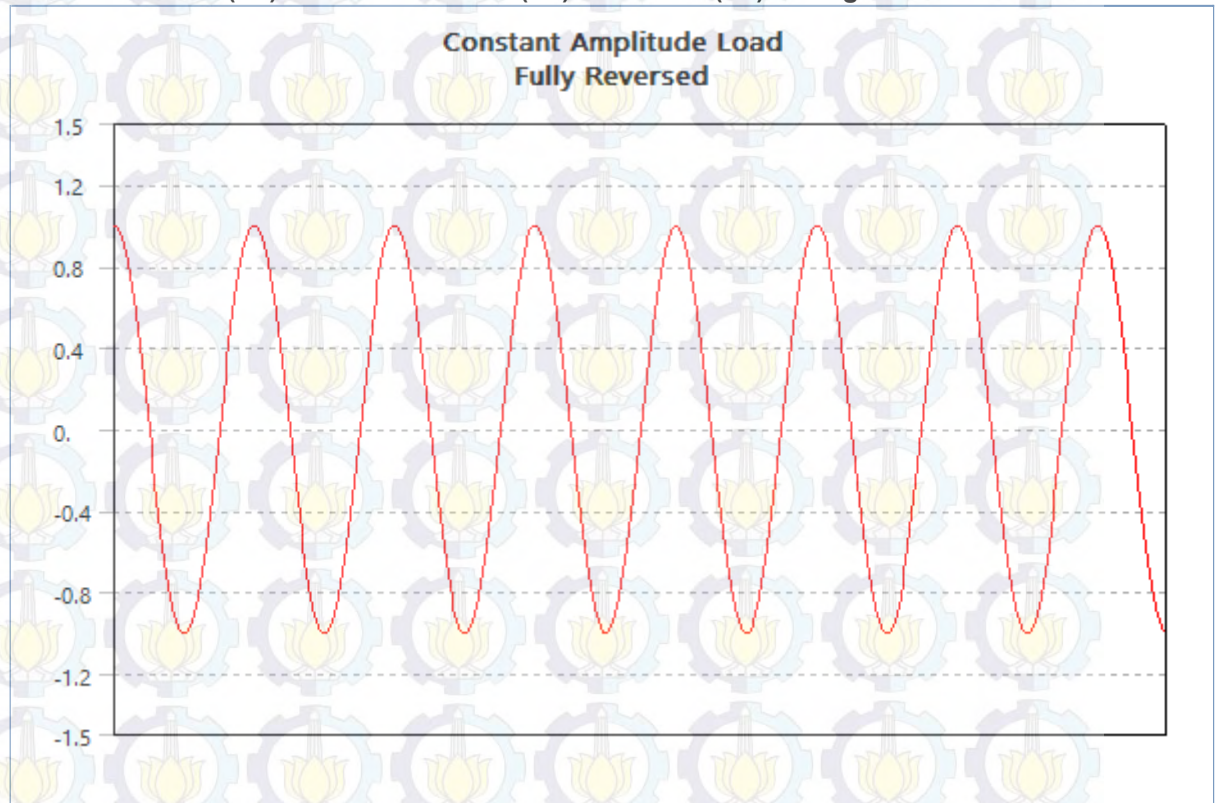
**TABLE 13**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Fatigue Tools**

Object Name	Fatigue Tool
State	Solved
<b>Materials</b>	
Fatigue Strength Factor (Kf)	1.
<b>Loading</b>	
Type	Fully Reversed
Scale Factor	1.
<b>Definition</b>	
Display Time	End Time
<b>Options</b>	



Analysis Type	Stress Life
Mean Stress Theory	Goodman
Stress Component	Equivalent (Von Mises)
Life Units	
Units Name	cycles
1 cycle is equal to	1. cycles

**FIGURE 2**  
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Fatigue Tool



**FIGURE 3**  
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Fatigue Tool

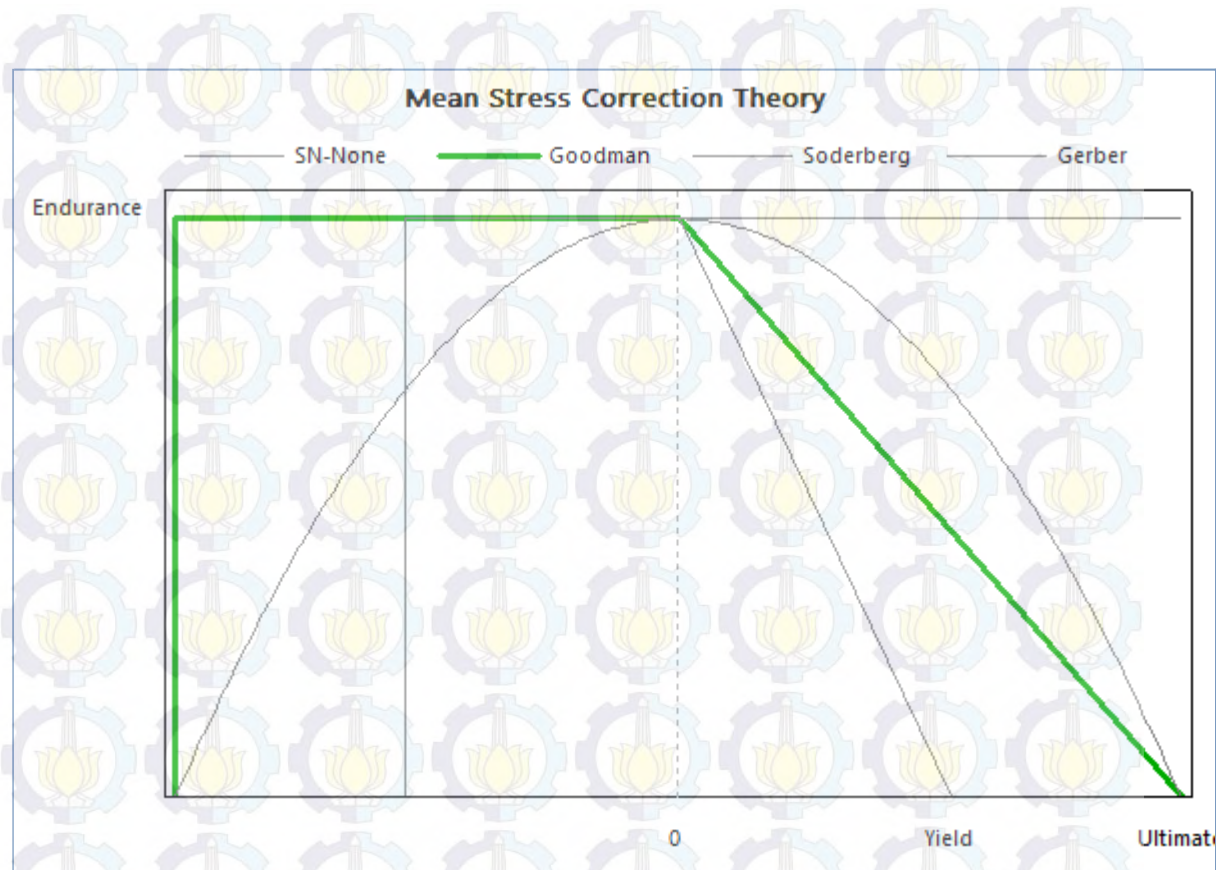


TABLE 14  
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Fatigue Tool  
> Results

Object Name	Life	Damage
State	Solved	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Life	Damage
Identifier		
Suppressed	No	
Design Life	1.e+009 cycles	
Integration Point Results		
Average Across Bodies	No	
Results		
Minimum	1.0805e+005 cycles	
Maximum		9254.9

Material Data

Aisi 4137

TABLE 15  
Aisi 4137 > Constants

Density	7.85e-006 kg mm^-3
---------	--------------------



Specific Heat	4.34e+005 mJ kg <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Thermal Conductivity	6.05e-002 W mm <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Resistivity	1.7e-004 ohm mm

**TABLE 16**  
**Aisi 4137 > Compressive Ultimate Strength**

Compressive Ultimate Strength MPa 0
--

**TABLE 17**  
**Aisi 4137 > Compressive Yield Strength**

Compressive Yield Strength MPa 415
---------------------------------------

**TABLE 18**  
**Aisi 4137 > Tensile Yield Strength**

Tensile Yield Strength MPa 415
--------------------------------------

**TABLE 19**  
**Aisi 4137 > Tensile Ultimate Strength**

Tensile Ultimate Strength MPa 520
--------------------------------------

**TABLE 20**  
**Aisi 4137 > Alternating Stress Mean Stress**

Alternating Stress MPa	Cycles	Mean Stress MPa
3999	10	0
2827	20	0
1896	50	0
1413	100	0
1069	200	0
441	2000	0
262	10000	0
214	20000	0
138	1.e+005	0
114	2.e+005	0
86.2	1.e+006	0

**TABLE 21**  
**Aisi 4137 > Isotropic Elasticity**

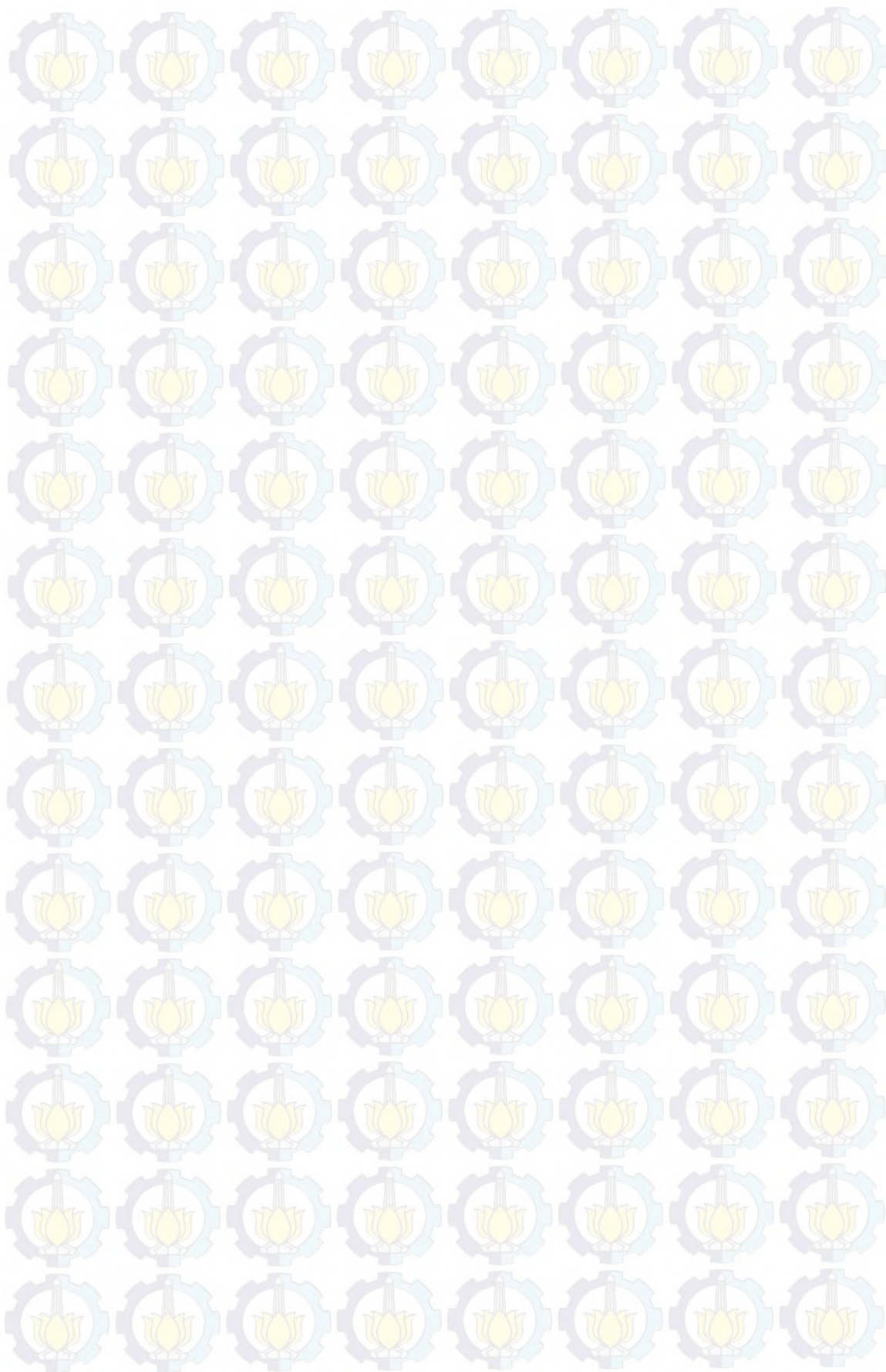
Temperature C	Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa
	2.064e+005	0.29	1.6381e+005	80000

**TABLE 22**  
**Aisi 4137 > Isotropic Relative Permeability**

Relative Permeability 10000
--------------------------------



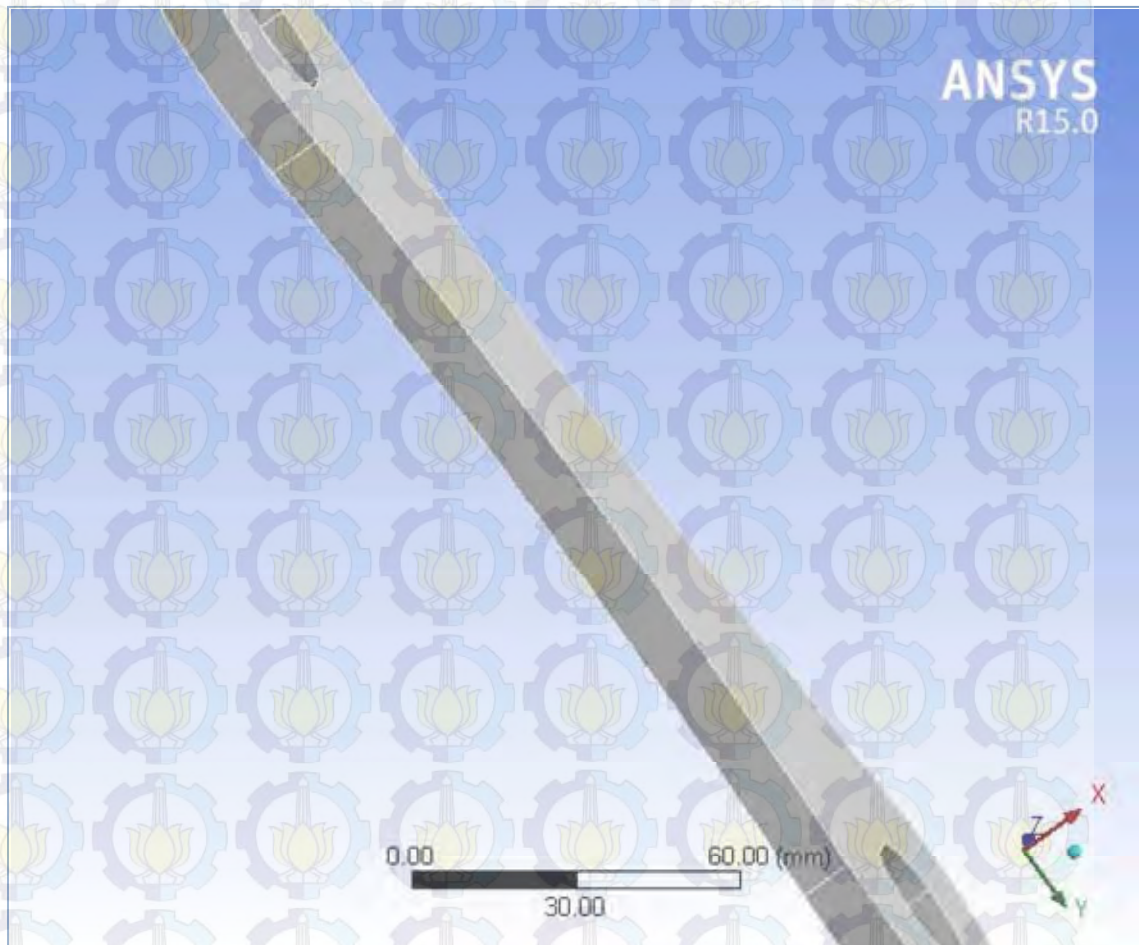
### Lampiran 3



**ANSYS®**

## Project

First Saved	Monday, January 11, 2016
Last Saved	Wednesday, January 20, 2016
Product Version	15.0.7 Release
Save Project Before Solution	No
Save Project After Solution	No





## Contents

- Units
- Model (A4)
  - Geometry
    - PartBody
  - Coordinate Systems
  - Mesh
    - Patch Conforming Method
  - Static Structural (A5)
    - Analysis Settings
    - Loads
    - Solution (A6)
      - Solution Information
      - Results
      - Fatigue Tool
        - Results
- Material Data
  - AISI 4137

## Units

TABLE 1

Unit System	Metric (mm, kg, N, s, mV, mA) Degrees rad/s Celsius
Angle	Degrees
Rotational Velocity	rad/s
Temperature	Celsius

## Model (A4)

### Geometry

TABLE 2  
Model (A4) > Geometry

Object Name	Geometry
State	Fully Defined
<b>Definition</b>	
Source	C:\Users\Simulasi\Desktop\redesain\link dalam improve 1_files\dp0\SYS\DM\SYS.agdb
Type	DesignModeler
Length Unit	Meters
Element Control	Program Controlled
Display Style	Body Color
<b>Bounding Box</b>	
Length X	10. mm
Length Y	264. mm



Lampiran 4

Length Z	78. mm
<b>Properties</b>	
Volume	1.4987e+005 mm <sup>3</sup>
Mass	1.1765 kg
Scale Factor Value	1.
<b>Statistics</b>	
Bodies	1
Active Bodies	1
Nodes	19536
Elements	11524
Mesh Metric	None
<b>Basic Geometry Options</b>	
Parameters	Yes
Parameter Key	DS
Attributes	No
Named Selections	No
Material Properties	No
<b>Advanced Geometry Options</b>	
Use Associativity	Yes
Coordinate Systems	No
Reader Mode Saves Updated File	No
Use Instances	Yes
Smart CAD Update	No
Compare Parts On Update	No
Attach File Via Temp File	Yes
Temporary Directory	C:\Users\Simulasi\AppData\Local\Temp
Analysis Type	3-D
Decompose Disjoint Geometry	Yes
Enclosure and Symmetry Processing	Yes

**TABLE 3**  
**Model (A4) > Geometry > Parts**

Object Name	<i>PartBody</i>
State	Meshed
<b>Graphics Properties</b>	
Visible	Yes
Transparency	1
<b>Definition</b>	
Suppressed	No
Stiffness Behavior	Flexible
Coordinate System	Default Coordinate System
Reference Temperature	By Environment
<b>Material</b>	
Assignment	AISI 4137
Nonlinear Effects	Yes
Thermal Strain Effects	Yes
<b>Bounding Box</b>	
Length X	10. mm
Length Y	264. mm
Length Z	78. mm
<b>Properties</b>	
Volume	1.4987e+005 mm <sup>3</sup>

#### Lampiran 4

Mass	1.1765 kg
Centroid X	5. mm
Centroid Y	-2.0124e-003 mm
Centroid Z	4.833e-005 mm
Moment of Inertia Ip1	6894.8 kg·mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip2	448.77 kg·mm <sup>2</sup>
Moment of Inertia Ip3	6465.7 kg·mm <sup>2</sup>
<b>Statistics</b>	
Nodes	19536
Elements	11524
Mesh Metric	None

### Coordinate Systems

**TABLE 4**  
**Model (A4) > Coordinate Systems > Coordinate System**

Object Name	<i>Global Coordinate System</i>
State	Fully Defined
<b>Definition</b>	
Type	Cartesian
Coordinate System ID	0.
<b>Origin</b>	
Origin X	0. mm
Origin Y	0. mm
Origin Z	0. mm
<b>Directional Vectors</b>	
X Axis Data	[ 1. 0. 0. ]
Y Axis Data	[ 0. 1. 0. ]
Z Axis Data	[ 0. 0. 1. ]

### Mesh

**TABLE 5**  
**Model (A4) > Mesh**

Object Name	<i>Mesh</i>
State	Solved
<b>Defaults</b>	
Physics Preference	Mechanical
Relevance	0
<b>Sizing</b>	
Use Advanced Size Function	Off
Relevance Center	Fine
Element Size	Default
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	High
Transition	Slow
Span Angle Center	Fine
Minimum Edge Length	10.0 mm
<b>Inflation</b>	
Use Automatic Inflation	None
Inflation Option	Smooth Transition
Transition Ratio	0.272
Maximum Layers	5



Growth Rate	1.2
Inflation Algorithm	Pre
View Advanced Options	No
<b>Patch Conforming Options</b>	
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
<b>Patch Independent Options</b>	
Topology Checking	Yes
<b>Advanced</b>	
Number of CPUs for Parallel Part Meshing	Program Controlled
Shape Checking	Standard Mechanical
Element Midside Nodes	Program Controlled
Straight Sided Elements	No
Number of Retries	Default (4)
Extra Retries For Assembly	Yes
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
<b>Defeaturing</b>	
Pinch Tolerance	Please Define
Generate Pinch on Refresh	No
Automatic Mesh Based Defeaturing	On
Defeaturing Tolerance	Default
<b>Statistics</b>	
Nodes	19536
Elements	11524
Mesh Metric	None

**TABLE 6**  
**Model (A4) > Mesh > Mesh Controls**

Object Name	<i>Patch Conforming Method</i>
State	Fully Defined
<b>Scope</b>	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
<b>Definition</b>	
Suppressed	No
Method	Tetrahedrons
Algorithm	Patch Conforming
Element Midside Nodes	Use Global Setting

## Static Structural (A5)

**TABLE 7**  
**Model (A4) > Analysis**

Object Name	<i>Static Structural (A5)</i>
State	Solved
<b>Definition</b>	
Physics Type	Structural
Analysis Type	Static Structural
Solver Target	Mechanical APDL
<b>Options</b>	
Environment Temperature	22. °C
Generate Input Only	No



**TABLE 8**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Analysis Settings**

Object Name	Analysis Settings
State	Fully Defined
<b>Step Controls</b>	
Number Of Steps	1.
Current Step Number	1.
Step End Time	1. s
Auto Time Stepping	Program Controlled
<b>Solver Controls</b>	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Program Controlled
Large Deflection	Off
Inertia Relief	Off
<b>Restart Controls</b>	
Generate Restart Points	Program Controlled
Retain Files After Full Solve	No
<b>Nonlinear Controls</b>	
Newton-Raphson Option	Program Controlled
Force Convergence	Program Controlled
Moment Convergence	Program Controlled
Displacement Convergence	Program Controlled
Rotation Convergence	Program Controlled
Line Search	Program Controlled
Stabilization	Off
<b>Output Controls</b>	
Stress	Yes
Strain	Yes
Nodal Forces	No
Contact Miscellaneous	No
General Miscellaneous	No
Store Results At	All Time Points
<b>Analysis Data Management</b>	
Solver Files Directory	C:\Users\Simulasi\Desktop\redesain\link dalam improve 1_files\dp0\SYS\MECH\
Future Analysis	None
Scratch Solver Files Directory	
Save MAPDL db	No
Delete Unneeded Files	Yes
Nonlinear Solution	No
Solver Units	Active System
Solver Unit System	nmm

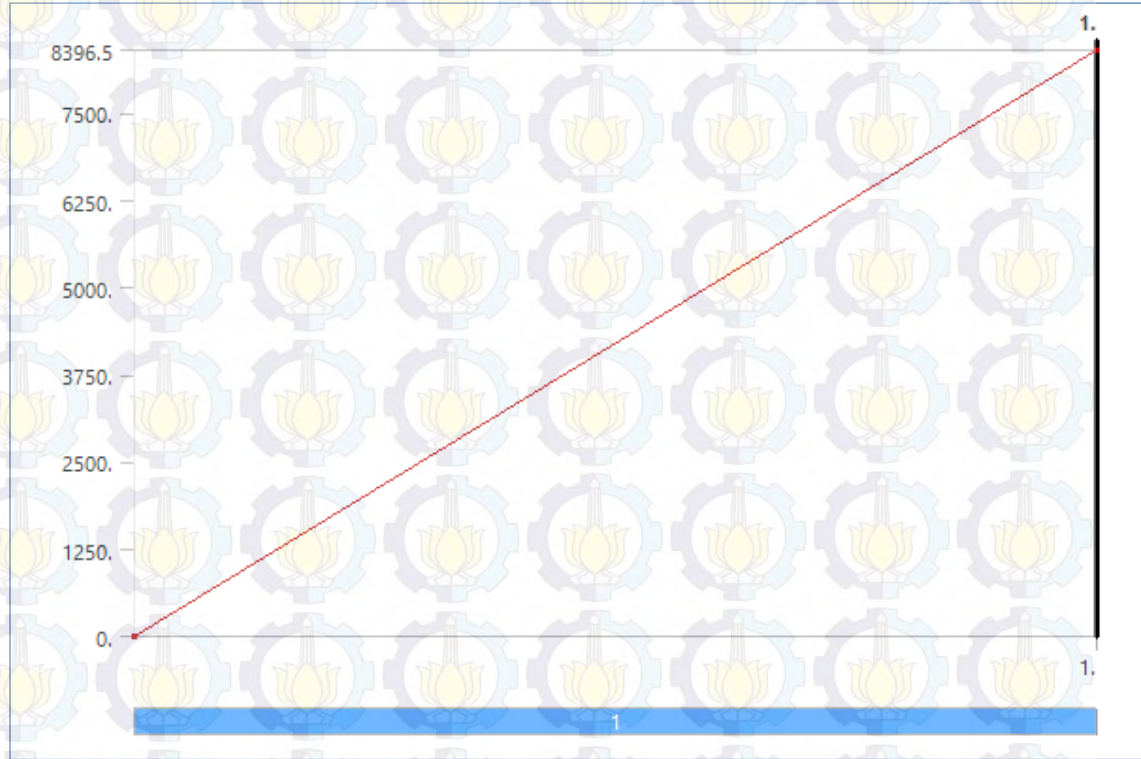
**TABLE 9**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Loads**

Model (F1)		Static Structural (F5)		Loads	
Object Name		Force		Fixed Support	
State		Fully Defined			
Scope					
Scoping Method		Geometry Selection			
Geometry		1 Face			
Definition					
Type		Force		Fixed Support	
Define By		Vector			

Lampiran 4

Magnitude	8396.5 N (ramped)	
Direction	Defined	
Suppressed	No	

**FIGURE 1**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Force**



**Solution (A6)**

**TABLE 10**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution**

Object Name	<i>Solution (A6)</i>
State	Solved
<b>Adaptive Mesh Refinement</b>	
Max Refinement Loops	1.
Refinement Depth	2.
<b>Information</b>	
Status	Done

**TABLE 11**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Solution Information**

Object Name	<i>Solution Information</i>
State	Solved
<b>Solution Information</b>	
Solution Output	Solver Output
Newton-Raphson Residuals	0
Update Interval	2.5 s
Display Points	All
<b>FE Connection Visibility</b>	



Lampiran 4

Activate Visibility	Yes
Display	All FE Connectors
Draw Connections Attached To	All Nodes
Line Color	Connection Type
Visible on Results	No
Line Thickness	Single
Display Type	Lines

**TABLE 12**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Results**

Object Name	Total Deformation	Equivalent Stress	Equivalent Elastic Strain
State	Solved		
Scope			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	All Bodies		
Definition			
Type	Total Deformation	Equivalent (von-Mises) Stress	Equivalent Elastic Strain
By	Time		
Display Time	Last		
Calculate Time History	Yes		
Identifier			
Suppressed	No		
Results			
Minimum	0. mm	6.3291e-002 MPa	7.1858e-007 mm/mm
Maximum	2.4747e-002 mm	118.48 MPa	6.5923e-004 mm/mm
Minimum Value Over Time			
Minimum	0. mm	6.3291e-002 MPa	7.1858e-007 mm/mm
Maximum	0. mm	6.3291e-002 MPa	7.1858e-007 mm/mm
Maximum Value Over Time			
Minimum	2.4747e-002 mm	118.48 MPa	6.5923e-004 mm/mm
Maximum	2.4747e-002 mm	118.48 MPa	6.5923e-004 mm/mm
Information			
Time	1. s		
Load Step	1		
Substep	1		
Iteration Number	1		
Integration Point Results			
Display Option		Averaged	
Average Across Bodies		No	

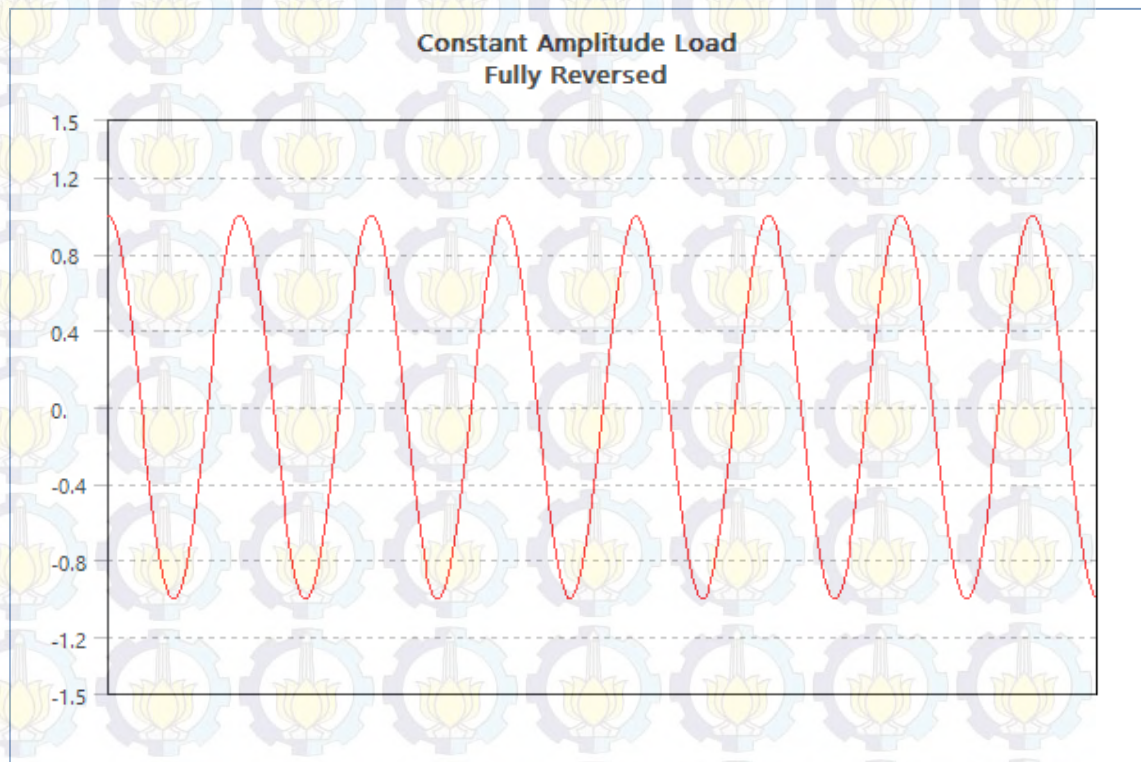
**TABLE 13**  
**Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Fatigue Tools**

Object Name	Fatigue Tool
State	Solved
<b>Materials</b>	
Fatigue Strength Factor (Kf)	1.
<b>Loading</b>	
Type	Fully Reversed
Scale Factor	1.
<b>Definition</b>	
Display Time	End Time
<b>Options</b>	



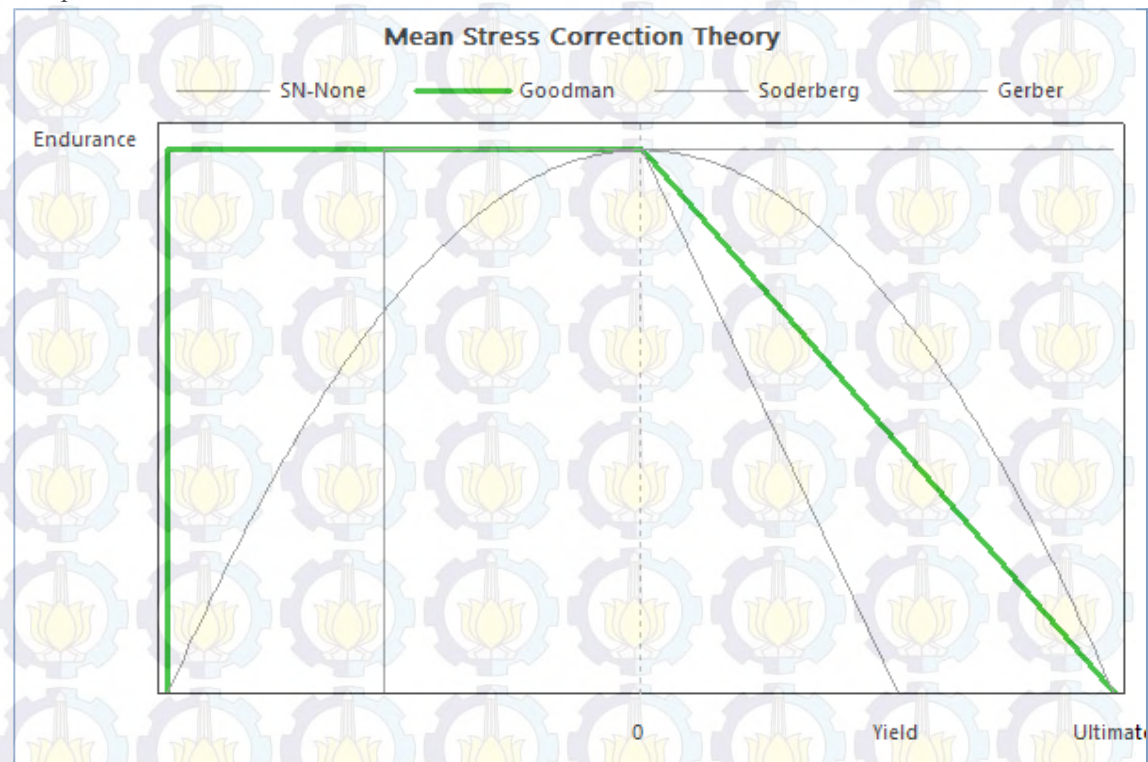
Analysis Type	Stress Life
Mean Stress Theory	Goodman
Stress Component	Equivalent (Von Mises)
<b>Life Units</b>	
Units Name	cycles
1 cycle is equal to	1. cycles

**FIGURE 2**  
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Fatigue Tool



**FIGURE 3**  
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Fatigue Tool

## Lampiran 4



**TABLE 14**  
Model (A4) > Static Structural (A5) > Solution (A6) > Fatigue Tool > Results

Object Name	Life	Safety Factor
State	Solved	
Scope		
Scoping Method	Geometry Selection	
Geometry	All Bodies	
Definition		
Type	Life	Safety Factor
Identifier		
Suppressed	No	
Design Life		1.e+009 cycles
Integration Point Results		
Average Across Bodies	No	
Results		
Minimum	1.7392e+005 cycles	0.72757

## Material Data

### AISI 4137

**TABLE 15**  
AISI 4137 > Constants

Density	7.85e-006 kg mm <sup>-3</sup>
Specific Heat	4.34e+005 mJ kg <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Thermal Conductivity	6.05e-002 W mm <sup>-1</sup> C <sup>-1</sup>
Resistivity	1.7e-004 ohm mm



**TABLE 16**  
**AISI 4137 > Compressive Ultimate Strength**

Compressive Ultimate Strength MPa
0

**TABLE 17**  
**AISI 4137 > Compressive Yield Strength**

Compressive Yield Strength MPa
415

**TABLE 18**  
**AISI 4137 > Tensile Yield Strength**

Tensile Yield
Strength MPa 415

**TABLE 19**  
**AISI 4137 > Tensile Ultimate Strength**

Tensile Ultimate
Strength MPa 520

**TABLE 20**  
**AISI 4137 > Alternating Stress Mean Stress**

Alternating Stress MPa	Cycles	Mean Stress MPa
3999	10	0
2827	20	0
1896	50	0
1413	100	0
1069	200	0
441	2000	0
262	10000	0
214	20000	0
138	1.e+005	0
114	2.e+005	0
86.2	1.e+006	0



**TABLE 21**  
**AISI 4137 > Isotropic Elasticity**

Temperature C	Young's Modulus MPa	Poisson's Ratio	Bulk Modulus MPa	Shear Modulus MPa
	2.064e+005	0.29	1.6381e+005	80000

**TABLE 22**  
**AISI 4137 > Isotropic Relative Permeability**

Relative Permeability
10000

## BIODATA PENULIS



**Mochamad Ruli Sugiarto**, dilahirkan di Blitar 8 April 1990. Merupakan anak tunggal dari pasangan Mochamad Soleh dan Sri Wahyuni. Penulis memulai jenjang pendidikannya di SD Negeri Gembongan 1, Ponggok, Blitar (1996-2002). Setelah itu penulis melanjutkan studinya di SMP 2 Negeri Ponggok (2002 – 2005). Pada tahun 2005, penulis diterima sebagai murid SMA 1 Negeri Ponggok, hingga lulus tahun 2008. Pada

tahun yang sama penulis diterima di Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan mengambil bidang studi system manufaktur.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti kegiatan kemahasiswaan yaitu menjadi anggota aktif Himpunan Mahasiswa Mesin. Selain itu penulis juga menjadi asisten untuk praktikum metrology industry. Keinginan untuk mengamalkan ilmu yang didapatkan selama kuliah, mendorong penulis untuk mengambil topik tugas akhir analisa kegagalan dengan judul “Analisa Penyebab Kerusakan Rantai Bucket Elevator Di Pabrik Phosphoric Acid (PA) PT. Petrokimia Gresik” yang telah diselesaikan pada tanggal 13 Januari 2016.